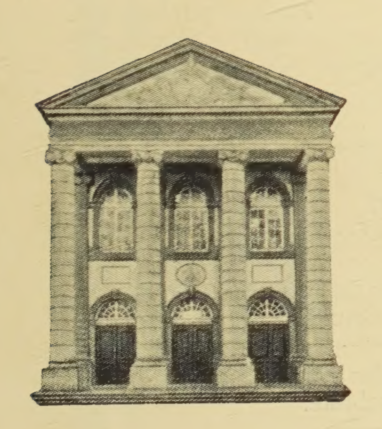
64e Année 4me Trimestre 1958 N° 4

ANNALES DE GEMBLOUX



ASSOCIATION DES INGÉNIEURS SORTIS DE L'INSTITUT AGRONOMIQUE DE L'ÉTAT A GEMBLOUX

SOMMAIRE

Compte chèques-postaux n° 1660.59 : Association des Ingénieurs de Gembloux, 4, avenue des Narcisses, Bruxelles 18.

Compte-courant n° 64.431 de l'Association à la Société générale de Belgique, à Bruxelles.

ABONNEMENTS : *Prix nets (+ taxe éventuelle).*

	Particuliers	Bibliothèques publiques et librairies
Belgique et Grand-Duché de Luxembourg ..	300 fr. ...	240 fr. ...
Congo belge	325 fr. ...	260 fr. ...
Autres pays	350 fr. ...	280 fr. ...

LE NUMÉRO :

Belgique et Grand-Duché de Luxembourg ..	80 fr. ...	64 fr. ...
Congo belge	85 fr. ...	68 fr. ...
Autres pays	90 fr. ...	72 fr. ...

Les abonnements sont souscrits auprès du Trésorier de l'A.I.Gx., M. R. Lambion, 4, avenue des Narcisses, Bruxelles 18 (tél. 74.40.79).

Les publications originales sont signées par les auteurs qui en assument l'entière et exclusive responsabilité.

Les « Annales de Gembloux » acceptent l'échange avec toutes les revues scientifiques traitant des matières agronomiques. Il sera rendu compte de tout ouvrage dont un exemplaire parviendra au Secrétaire de Rédaction.

ANNALES DE GEMBLOUX

64e Année. 4e Trimestre 1958. No 4

L'A. I. Gx. a organisé sa huitième Journée d'études, le 23 novembre 1958, à l'Institut Agronomique de l'État, à Gembloux, grâce au bienveillant concours de Monsieur le Recteur M. Hespel et avec la collaboration de nos confrères G. Roland, docteur en sciences agronomiques, et P. Manil, professeur à l'Institut Agronomique, et de leurs assistants Mlle G. Sommereyns, J. Tahon et J. Semal. « La phytovirologie au service de l'agriculture » était le thème de cette Journée. Nous reproduisons, ci-dessous, les exposés qui ont été faits à cette occasion.

* * *

Introduction à la virologie végétale et lutte contre les virus

par

G. Roland,

Station de Phytopathologie de l'État, Gembloux.

Ainsi que nous l'avons déjà signalé (Annales de Gembloux, 1957, p. 13), c'est seulement après 1930 que l'identification des virus des plantes a pris une certaine extension qui n'a fait que s'accroître depuis, surtout après la dernière guerre. Récemment, le « Review of Applied Mycology » a publié une liste qui comporte plus de 400 noms de virus dont 250 environ correspondent à des virus nettement définis.

Dans le tableau I, on peut lire la liste de 22 plantes cultivées qui sont susceptibles d'être attaquées par au moins 10 virus. Cette liste n'est évidemment pas clôturée car on sait déjà qu'au minimum 7 autres plantes peuvent être infectées par 7 à 9 virus actuellement connus.

Parmi les facteurs qui sont à l'*origine de la pullulation des virus*, il convient de citer :

1) Les transports de virus d'un pays à l'autre et même d'un continent à l'autre, ces transports se faisant notamment à l'occasion d'expédition d'organes de multiplication végétative tels que tubercules de reproduction, rhizomes, greffons, plantules, etc. Quant à la propagation des virus par les semences elle ne doit pas être négligée, ainsi que nous allons le voir plus loin.

TABLEAU I. — *Liste des plantes économiques susceptibles à au moins dix virus.*

Plantes susceptibles	*Nombre de virus*
Aster	10
Betterave	18
Carotte	10
Céleri	14
Cerisier	19
Chou	10
Concombre	19
Épinard	19
Féverole	18
Fraisier	14
Framboisier	12
Haricot	31
Maïs	10
Pêcher	25
Pétunia	31
Pois	21
Pomme de terre	29
Prunier	10
Tabac	63
Tomate	36
Trèfle	22
Zinnia	24

2) Comme autre facteur de dispersion des virus, mentionnons le transport d'insectes vecteurs. La transmission, et par conséquent la dissémination de certains virus, est parfois conditionnée par la présence d'un insecte déterminé. L'implantation de ce dernier dans une région peut évidemment entraîner la propagation du virus dont il est l'agent vecteur. Ajoutons que ces implantations d'insectes se heurtent à la difficulté qu'éprouvent parfois ces derniers à s'adapter dans des régions où les conditions de l'ambiance ne correspondent pas suffisamment à celles de leur habitat normal.

3) L'augmentation du nombre des virus est due également à des phénomènes de variations et de mutations dont ils sont l'objet sous l'effet des facteurs de l'ambiance et des hôtes de passage dans lesquels ils sont multipliés. Par « variations », il faut comprendre les modifications qui ne touchent que la partie protéique de la particule-virus, tandis que les « mutations » concernent les transformations qui intéressent les éléments nucléiques de cette particule. Les variations donnent naissance à des « variantes » de virus et les mutations sont à l'origine de la production de nouveaux virus. Suivant un vocabulaire utilisé notamment en mycologie, les variantes peuvent être comparées à des biotypes et les virus à des espèces bien distinctes.

Parmi les possibilités de dispersion des virus, il faut être attentif à la transmission de ces derniers par la semence et particulièrement par les semences de mauvaises herbes. Jusqu'à présent, la transmission des virus par la semence n'avait guère retenu l'attention des virologues. Peu de virus, en effet, se transmettent d'une façon spectaculaire par la graine des plantes cultivées. Par contre, à la suite de différents travaux, notamment ceux de l'école de Blattny, il y aurait près de 50 cas possibles de transmission de virus par la semence actuellement connus. Le danger de propagation par la semence est d'autant plus grand que, dans certains cas, cette transmission n'a lieu que dans une très faible proportion, ce qui fait que les services de contrôle n'y attachent pas d'importance et que, dans d'autres cas, la transmission se fait par l'intermédiaire de graines d'espèces sauvages qui sont tolérées jusqu'à un certain taux dans les fournitures de semences. A titre d'exemple de transmissions de virus par des graines de mauvaises herbes, citons : les virus de la jaunisse et de la mosaïque de la betterave qui seraient transmis par les graines de diverses espèces de *Chenopodium* et d'*Atriplex*.

Dans le tableau II nous présentons la liste des virus transmis par la semence et les noms des espèces végétales qui permettent cette transmission. Il convient de noter que toutes les variétés d'une même espèce ne se prêtent pas toujours à cette transmission, parfois celle-ci n'a été observée que pour une seule variété. De plus toutes les variantes d'un même virus peuvent ne pas être également transmissibles par les graines.

TABLEAU II. — *Virus transmis par la semence.*

Virus	*Transmis par la semence de :*	*Référence*
Abutilon infectious variegation	*Mucuna pruriens*	CRANDALL B. S., 1954
Abutilon mosaic	*Abutilon spp.*	KEUR, 1933
Avocado pear sun blotch	*Persea americana*	WALLACE et DRAKE, 1953
Barley stripe mosaic	*Hordeum vulgare*	ESLICK R. F. et AFANASIEV M. M., 1955
Bean common mosaic	*Phaseolus vulgaris*	SMITH, K., 1957
	Vigna sesquipedalis	SNYDER W. C., 1942
Bean yellow mosaic	*Vicia faba*	QUANTZ L., 1956
Beet mosaic	*Amaranthus retroflexus*	BLATTNY C., 1956
	Atriplex hastata	»
	» *nitens*	»
	Chenopodium album	»
	» *hybridum*	»
	» *opulifolium*	»
	» *polyspermum*	»
Beet yellows	*Atriplex hastata*	»
	» *nitens*	»
	Beta vulgaris	BLATTNY C., 1955

Virus	*Transmis par la semence de :*	*Référence*
Beet yellows	*Chenopodium album*	Blattny C., 1956
	» *hybridum*	»
	» *opulifolium*	»
	» *polyspermum*	»
Beet 41 yellows	*Beta vulgaris*	Bawden F. C., 1955
Broad bean mottle	*Vicia faba*	Quantz L., 1956
Cherry yellows	*Prunus avium*	Cation D., 1952
	» *Mahaleb*	»
Cineraria mosaic	*Senecio cruenta*	Jones L. K., 1944
Cowpea mosaic McLean	*Vigna cylindrica*	Capoor S. P. et Varma P. M., 1956
	» *sinensis*	
Cowpea mosaic Dale	*Vigna unguiculata*	Smith K., 1957
Cucumber mosaic	*Cucumis melo*	»
	Micrampelis lobata	»
	Vigna sesquipedalis	Anderson C. W., 1957
	» *sinensis*	»
Dodder latent mosaic	*Cuscuta campestris*	Smith, K., 1957
Elm mosaic	*Ulmus americana*	Bretz T. W., 1950
Hop chlorotic disease	*Humulus lupulus*	Salmon et Ware. 1935
Hop nettle head	» »	Blattny C. et Osvald V., 1954
Lettuce mosaic	*Lactuca sativa*	Bawden F. C., 1948
Muskmelon mosaic	*Cucumis flexuosus*	Rader W. E. et coll., 1947
	» *melo*	
	Cucurbita maxima	»
	» *moschata*	»
	» *pepo*	Smith K., 1957
Pea enation mosaic	*Pisum sativum*	Pozdena J. et coll., 1955
Pea mosaic	*Vicia faba*	Quantz L., 1956
Peach ring spot	*Prunus americana*	Hobart O. F., 1956
	» *avium*	Cation D., 1952
	» *Mahaleb*	»
	» *persica*	Smith K., 1957
Persimmon latent yellows	*Diospyros virginiana*	Mezetti A., 1957
Potato virus Y	*Solanum tuberosum*	Sprau, 1951
Soybean mosaic	*Soja max*	Quantz L., 1952
Sunflower mosaic	*Helianthus annuus*	Smith, K., 1957
Tobacco mosaic	*Capsicum frutescens*	McKinney, 1952
	Lycopersicum esculentum	John C. A. et Sova C., 1955
Tobacco ring spot	*Cucumis sativus*	Sinclair J. B. et Walker J. C., 1956
	Nicotiana tabacum	Marcelli E., 1955

Virus	*Transmis par la semence de :*	*Référence*
Tobacco ring spot	*Petunia sp.*	HENDERSON, 1931
	Soja max	KAHN R. P., 1956
Tobacco streak	*Phaseolus vulgaris*	THOMAS W. D. et GRAHAM R. W., 1951
Tomato bunchy-top	*Physalis peruviana*	SMITH K., 1957
	Solanum incanum	»
Tomato ring spot	*Soja max*	KAHN R. P., 1956
Tomato spotted wilt	*Senecio cruentus*	JONES L. K., 1944
Yellow lupin mosaic	*Lupinus luteus*	MASTENBROEK C., 1942.

Les *symptômes* qui peuvent être occasionnés par les virus sont très divers. Bon nombre d'entre eux prêtent à confusion et peuvent être confondus avec des aspects maladifs provoqués par d'autres causes pathologiques telles que des carences minérales ou des attaques cryptogamiques. Ajoutons à cela que les cas de latence sont fréquents, l'action du virus se limitant alors à une réduction à peine perceptible de la croissance de la plante ou ne se traduisant que très tardivement lors de la floraison ou de la fructification.

Les viroses végétales peuvent se présenter sous l'aspect de décolorations, de nécroses ou de réduction de la taille du feuillage, des fleurs ou des fruits. Chez les arbres virosés, on observe parfois de la déformation, de la nécrose ou de la prolifération des branches. Quelquefois, l'aspect de certains organes ou de toute la plante est profondément modifié.

Dans le tableau III nous présentons des pourcentages de *chute de rendement* de diverses plantes cultivées sous l'influence de différents virus. Il convient de souligner que ces diminutions de rendements sont sous la dépendance non seulement du degré de résistance de la plante mais aussi de la virulence de la souche de virus, un même virus pouvant se présenter sous des formes très différentes quant à leur degré d'agressivité. Ajoutons aussi que certaines conditions ambiantes, agissant sur la plante, sur le virus ou sur ses vecteurs, peuvent parfois interférer avec l'action du virus sur le végétal. Ces réserves nous expliquent certaines grandes différences notées pour un même virus sur une même plante ; nous voyons par exemple que le virus de la mosaïque de la laitue peut occasionner des chutes de rendement allant de 5 à 100 %.

L'examen de ce tableau nous permet de constater que, dans plus de la moitié des cas, on peut craindre une chute de rendement de l'ordre de 50 % et même plus du fait de l'action d'un seul virus. Cette action se fera, en général, d'autant plus sentir que l'infection est plus ancienne, c'est pourquoi les viroses sont tellement redoutables pour les plantes reproduites végétativement chez lesquelles l'infection peut remonter à plusieurs années et occasionner ce que l'on a coutume de désigner en pratique sous l'appellation de « dégénérescence ». C'est donc le cas des plantes reproduites par tubercules, bulbes, rhizomes, boutures, greffons, etc.

TABLEAU III. — *Pourcentages de pertes possibles occasionnées par quelques virus à diverses plantes cultivées.*

Plante	Virus	% de perte
Avoine	« Barley yellow dwarf »	26 à 80
Betterave sucrière	Frisolée	50 à 75
» »	Mosaïque	9 à 28
» »	Jaunisse	1 à 60
Canne à sucre	Mosaïque	± 32
» »	« Ratoon stunting »	11 à 37
» »	« Streak »	± 19
Céleri	Mosaïque	± 50
Chou	« Black ring spot »	50 à 75
»	« Turnip yellow mosaic »	50 à 75
Coton	« Leaf curl »	10 à 15
Échalotte	« Onion yellow dwarf »	± 70
Fraisier	« Yellow edge »	± 50
Froment	« Barley yellow dwarf »	26 à 80
»	Mosaïque	10 à 81
Glaïeul	« Speckle »	31 à 39
Haricot	Mosaïque	6 à 40
Houblon	« Chlorotic disease »	± 50
Ketmie comestible	« Yellow vein mosaic »	± 50
Laitue	« Aster yellows »	70 à 80
»	Mosaïque	5 à 100
Luzerne	Mosaïque	± 54
Menthe	« Peppermint curl »	± 21
Oignon	« Yellow dwarf »	55 à 70
Oranger	« Citrus infectious mottling »	± 46
Orge	« Yellow dwarf »	26 à 95
»	« Stripe mosaic »	± 31
Poireau	« Onion yellow dwarf »	17 à 45
Pois	Mosaïque	17 à 48
Pomme de terre	Enroulement	30 à 90
» »	S	10 à 20
» »	« Spindle tuber »	18 à 55
» »	A	± 25
» »	Y	25 à 85
» »	X	5 à 48
Pommier	Mosaïque	± 46
Rutabaga	« Cabbage black ring spot »	± 50
Tabac	Mosaïque	30 à 75
»	« Mottle »	± 35
»	« Ringspot »	± 27
Tomate	Mosaïque	14 à 52
»	Taches bronzées	50 à 100

Le problème de l'*identification* des cas virologiques a été traité par nous antérieurement dans un article paru dans le premier numéro de 1957 des Annales de Gembloux, nous n'y reviendrons pas en détail ici.

Nous croyons cependant utile d'attirer l'attention sur la difficulté de l'identification des viroses. Il faut notamment se méfier des déterminations rapides faites par les non-spécialistes sur le simple examen des symptômes externes présentés par les plantes. A de rares exceptions près, seuls des essais de laboratoire permettent l'identification plus ou moins précise des virus, identification indispensable si l'on veut mener une lutte judicieuse dans chaque cas envisagé.

Rappelons que l'identification des virus est basée principalement sur l'étude de leurs différentes propriétés et notamment :

1) leurs modes de transmission,
2) leurs réactions sur les plantes différentielles,
3) leur pouvoir prémunisant à l'égard d'autres souches du même virus,
4) leur degré de thermostabilité,
5) leur aspect morphologique,
6) leur pouvoir antigénique spécifique,
7) leur composition biochimique.

Du point de vue pratique, des recherches poursuivies par certains laboratoires en vue de l'identification des cas virologiques méritent une attention toute spéciale. En effet, la mise au point de nouvelles techniques microchimiques et biochimiques de détermination des virus pourrait dans un proche avenir avoir une certaine répercussion sur le commerce international de plants, de bulbes, etc., notamment sur celui des pays européens faisant partie du Marché commun. Si ce dernier a principalement pour but de supprimer les barrières douanières, il n'éliminera pas les règlements phytosanitaires appliqués à l'entrée de certains produits. Jusqu'à présent, ces règlements ne pouvaient guère entraver les importations de produits virosés parce que l'on ne disposait pas de moyens de contrôle efficaces. Grâce aux techniques nouvelles auxquelles nous faisons allusion ici, il sera possible d'identifier des cas de plus en plus nombreux de viroses dans les organes au repos destinés à la reproduction végétative. A titre d'exemple, rappelons que certains pays contrôlent déjà actuellement l'état sanitaire des plants de pomme de terre lors de leur arrivée à la frontière grâce à une méthode microchimique. Les pays qui, comme le nôtre, ne disposent pas de personnel formé pour les études virologiques risquent de recevoir à l'avenir des produits qui n'auront pu être écoulés dans les pays voisins. Et, d'autre part, certains de leurs produits se verront refuser l'entrée dans les pays voisins faute d'avoir subi un contrôle sérieux de laboratoire. Pour remédier à ces dangers, il importe donc de mettre au point, dans des institutions de recherches, des techniques qui pourront ultérieurement être utilisées dans des laboratoires d'application travaillant pour les services de contrôle. Déjà, notre Laboratoire

de Phytovirologie a mis au point une méthode microchimique pour la recherche de l'enroulement dans les plants de pomme de terre. Cette technique sera vraisemblablement appliquée prochainement par les services de contrôle de l'Office national des Débouchés agricoles et horticoles.

Avant d'envisager brièvement certains principes qui sont à la base de la *lutte contre les virus* des plantes, il nous paraît opportun de rappeler comment ces derniers sont transmis dans les conditions naturelles.

La plupart des virus peuvent être véhiculés par une ou plusieurs espèces d'insectes vecteurs. Quelques virus tels que le virus X de la pomme de terre et celui de la mosaïque du tabac peuvent être transmis par le sol ou par contact entre plantes malades et plantes saines. Il a déjà été dit quelques mots ci-dessus de la transmission par la graine ; ajoutons qu'un petit nombre de virus sont véhiculés par le pollen. Enfin, de nombreux virus peuvent être inoculés au moyen d'une ou plusieurs espèces de cuscutes. Pour être complet, nous signalerons que certains virus, transmis par le sol, pourraient l'être à l'intervention de champignons.

Du point de vue de la transmission des virus par les insectes, transmission qui est la plus fréquente en pratique pour bien des virus, nous rappelons qu'à ce sujet les virus se classent en virus persistants et en virus non persistants. Dans le cas de virus persistants, l'insecte, après s'être nourri sur une plante virosée, peut transmettre le virus pendant longtemps, souvent jusqu'à sa mort quel que soit le nombre de plantes qu'il visite par la suite. Par contre, dans le cas de virus non persistants, l'insecte, après avoir quitté la plante infectée, ne reste virulifère que pendant un temps relativement court.

La première condition à remplir lorsque l'on désire combattre un virus c'est de connaître ses modes de transmission naturelle et d'établir, dans la mesure du possible, la liste de ses plantes-hôtes éventuelles.

En vue de limiter la propagation des virus, il convient d'envisager le mode, le moment et l'intensité de l'inoculation, la rapidité du mouvement du virus dans la plante et le laps de temps qui peut s'écouler entre la date de l'inoculation et la récolte des plantes. Le moment de l'inoculation dépend de la proximité des sources de virus et, éventuellement, du lieu de multiplication des vecteurs, du degré de prolificité de ces derniers, qui est fonction des facteurs ambiants, de la relation entre le nombre et l'activité des vecteurs et le nombre de plantes susceptibles d'être infectées. Il y a donc intérêt à écarter au maximum et, si possible, à détruire les sources de virus, à entraver au maximum le développement des vecteurs sur les sources de virus, enfin à grouper les plantes saines ensemble.

Dans la lutte contre les viroses, il y a lieu de faire la distinction entre les cultures qu'il convient de maintenir saines (telles que les productions de greffons et de plants de multiplication) et celles pour lesquelles il suffit d'éviter de trop grandes chutes de rendement du fait des virus (la betterave par exemple). Pour celles-ci, il peut y avoir un intérêt économique à recourir à certains insecticides à action rémanente assez prolongée. L'action de ces derniers, sans ga-

rantir un état sanitaire parfait au champ, permet toutefois, dans certaines conditions, d'éviter de fortes chutes de rendement en limitant ou en retardant les inoculations pratiquées par les insectes vecteurs tout en réduisant les dégâts occasionnés par la seule piqûre de ces derniers.

Par contre, les insecticides en ce moment sur le marché ne permettent pas de protéger les plantes contre les inoculations de virus. En effet, actuellement la lutte contre les insectes vecteurs en plein champ est surtout basée sur l'emploi des produits systémiques qui agissent par ingestion. Du fait que l'insecte doit s'alimenter pour s'intoxiquer, on ne peut espérer obtenir, à l'aide de ces produits, une protection des plantes contre les inoculations. Car, en général, l'insecte peut vivre encore assez longtemps sur la plante traitée pour l'inoculer avec le ou les virus dont il est vecteur.

On obtiendrait une protection intéressante des plantes contre les inoculations de virus par insectes si l'on pouvait disposer d'insecticides non phytotoxiques très actifs agissant non pas par ingestion mais par contact. Pour que les traitements soient efficaces et rentables, il conviendrait que ces produits aient une action rémanente aussi prolongée que possible. Il faut arriver à paralyser ou à tuer l'insecte dès qu'il se pose sur la plante traitée et surtout avant qu'il ait pu la piquer. Pour la fréquence des traitements, on devra connaître, non seulement le degré de rémanence du produit dans diverses conditions, mais aussi les endroits de la plante qui sont en général touchés par les insectes lorsqu'ils se laissent tomber sur la plante. A titre d'exemple, il est certain que les traitements seront moins fréquents si les insectes « atterrissent » de préférence sur des feuilles complètement développées et qui sont donc recouvertes par le produit, que s'ils entrent en contact le plus souvent avec des organes très jeunes en pleine croissance et qui, par conséquent, ne sont pas entièrement protégés par l'insecticide. Comme pour tous les traitements exigeant le recouvrement aussi complet que possible de tous les organes extérieurs, la fréquence des traitements dépendra également de la rapidité de croissance de la plante et des circonstances météorologiques.

Du point de vue génétique, la production de variétés tolérantes, c'est-à-dire très résistantes, peut dans certains cas donner satisfaction aux cultivateurs dans la lutte contre les virus. Pour cela il faut non seulement que ces variétés soient, dans des conditions moyennes de culture, aussi productives que les variétés ordinaires, mais aussi qu'elles soient également tolérantes pour tous les virus qui infectent habituellement la plante dans la région considérée. C'est ainsi que dans le cas de la betterave par exemple, la création de variétés tolérantes à la jaunisse peut actuellement rendre de grands services ainsi que nous l'avons déjà signalé antérieurement. En effet, il semble que pour le moment cette plante ne soit, en général, attaquée chez nous que par le virus de la jaunisse. Les virus des mosaïques de la betterave et du concombre ne semblent guère à craindre pour la betterave que dans le voisinage des sources d'infection (épinard d'hiver, porte-graines, etc.) parce que ces virus sont non persistants et que, de ce fait, les pucerons ne peuvent véhiculer ces virus à de grandes

distances. Par contre, si un jour un virus persistant, non apparenté au virus de la jaunisse, faisait son apparition dans les champs, il faudrait craindre que le complexe qu'il formerait avec ce dernier ne soit extrêmement dommageable pour ces variétés tolérantes qui seraient à ce moment utilisées en culture.

C'est pourquoi le problème des virus ne peut être définitivement résolu par la simple création de variétés tolérantes. Cette création ne doit être considérée que comme un premier palier dans la lutte génétique contre les virus. Le but final à atteindre est la création de variétés hypersensibles ou immunes pour un ou plusieurs virus, c'est-à-dire de variétés, qui ne se laisseront pas infecter naturellement dans les champs par ces agents pathogènes.

Dans la lutte contre les virus des plantes, il y aura lieu de tenir compte, dans le futur, des cas de transmission par la graine, non seulement par les semences de plantes cultivées mais aussi par les semences de mauvaises herbes et, ici, le contrôle de la pureté des graines aura son rôle à jouer. Il faut en effet craindre qu'à la faveur de l'importation de semences saines d'une plante économique ne soient introduites, sous forme d'impuretés, des graines d'espèces sauvages infectées de virus dommageables pour l'une ou l'autre de nos cultures. A ce point de vue, nous attirons l'attention des instances compétentes sur la nécessité du contrôle des semences à l'importation.

Étant donné que ce ne sont encore à l'heure actuelle que des méthodes de laboratoire, nous ne reparlerons pas ici de la thermothérapie, de la chimiothérapie ni du bouturage de méristèmes. Nous rappellerons simplement que par certaines de ces méthodes on parvient parfois à guérir des organes de multiplication végétative de variétés entièrement virosées. Actuellement, on tend à améliorer ces méthodes en les associant toutes trois ; on parvient ainsi à obtenir des méristèmes sains aux dépens de plantes ou de tissus végétaux virosés dont on a accéléré la croissance tout en ralentissant la multiplication du virus dans les cellules. Ces méristèmes sains sont placés ensuite sur milieux de culture, puis greffés sur des plantes saines, et enfin bouturés. Ces boutures enracinées sont appelées à devenir des plantes-mères qui serviront à la reproduction par voie végétative de la variété ainsi régénérée.

* * *

En guise de *conclusions*, qu'il nous soit permis de tirer quelques enseignements pour l'avenir.

Dans le premier rapport de la Commission pour le développement des sciences présidée par le roi Léopold, il est dit notamment que « la prospérité des nations dépend, pour une large part, de l'accroissement et de l'application judicieuse des connaissances scientifiques et techniques ». A ce double point de vue on peut dire, paraphrasant ce qu'écrivait Émile Marchal en 1925 dans la préface de la première édition de ses Éléments de Pathologie végétale, que « les

questions phytovirologiques n'ont pas suscité jusqu'ici, en Belgique, l'intérêt qu'elles méritent ».

De nombreux orateurs parlant de l'application du Marché commun à l'Agriculture belge prônent la réduction des prix de revient. Cette réduction peut être obtenue de trois façons différentes soit par la diminution des frais de production, soit par l'augmentation de la productivité, soit par la réduction des pertes de rendements en évitant au maximum les accidents de toutes sortes qui menacent chaque spéculation. Pour notre part, nous pensons que tout, ou presque tout, est encore à faire pour limiter au maximum les pertes attribuables chez nous aux attaques de nos cultures par les virus. Cet état de choses est dû à l'ignorance presque complète des notions élémentaires de la phytovirologie à tous les échelons de notre Agriculture, aux moyens rudimentaires mis à notre disposition pour détecter et pour étudier les viroses, à l'absence pratiquement complète de liaison entre notre service de recherche et les agents chargés de la surveillance de l'état sanitaire de nos cultures.

Les difficultés rencontrées actuellement par le phytovirologue en Belgique sont de deux ordres :

1) l'absence de cadre qui oblige la même personne à s'intéresser aussi bien aux idées d'avant-garde qu'aux exigences de l'application ;

2) l'insuffisance des moyens qui oblige le chercheur à se rendre fréquemment dans des laboratoires appartenant à d'autres institutions de recherches telles que les Universités de Gand et de Louvain, lorsqu'il doit utiliser des appareils un peu spéciaux. Ces longs déplacements avec un matériel fragile sont la cause de grandes pertes de temps mais surtout risquent de compromettre les résultats des essais entrepris.

Dans les conditions actuelles, il nous est donc impossible de réaliser un travail constructif d'une certaine envergure.

Comment remédier à cet état de choses ?

Nous voyons la solution de ce problème dans l'organisation de l'enseignement de la virologie et dans la création d'un laboratoire officiel de phytovirologie capable de résoudre les principales questions qui se posent chez nous dans ce domaine.

L'enseignement de la virologie devrait d'abord être envisagé au niveau universitaire. Science essentiellement agronomique, la phytovirologie n'a, jusqu'à présent, éveillé aucun intérêt spécial dans les milieux enseignants de notre pays. Ceci nous place dans une situation inférieure par rapport à plusieurs de nos partenaires du Marché commun. Il faut s'attendre, en effet, à ce qu'à l'avenir, faute d'avoir formé à temps des virologues chez nous, nous soyons obligés d'aller en chercher à l'étranger, chez nos voisins hollandais notamment où la virologie végétale est l'objet d'un enseignement spécial non seulement à l'Institut agronomique de Wageningen mais également dans les universités formant des biologistes.

L'enseignement universitaire de la virologie aurait comme conséquence de

permettre la formation de virologues destinés aussi bien aux services de notre colonie qu'à ceux de la métropole. Enfin, il conviendrait d'instituer temporairement un enseignement post-universitaire de virologie destiné à compléter la formation des ingénieurs agronomes qui s'intéressent de près ou de loin aux questions de phytopathologie. Ces cours post-universitaires devraient être obligatoirement suivis par tous les fonctionnaires de l'État qui s'occupent, à quelque titre que ce soit, de la santé des plantes.

En ce qui concerne la création d'un laboratoire officiel de phytovirologie, nous croyons utile de rappeler que celui qui existe, et qui est nettement insuffisant pour résoudre les problèmes qui lui sont posés, est une émanation de l'I.R.S.I.A. à qui nous tenons à rendre ici un vibrant hommage pour l'intérêt qu'il ne cesse de manifester à l'égard de nos travaux. L'existence du laboratoire actuel n'est donc pas définitivement assurée puisqu'elle dépend du renouvellement bisannuel de ses crédits.

Pour répondre aux nécessités actuelles qui vont chaque jour en augmentant, nous estimons qu'il est urgent de créer un laboratoire officiel de phytovirologie dans lequel une équipe s'attacherait à la résolution de questions fondamentales tandis qu'une autre équipe se consacrerait à des questions d'application. Cette dernière équipe entretiendrait en outre des contacts avec les services d'application du Ministère de l'Agriculture.

C'est par une politique dynamique scientifiquement conduite que nous pourrons résoudre les problèmes posés par la lutte contre les virus qui menacent notre agriculture tant belge que coloniale.

PRINCIPAUX OUVRAGES CONSULTÉS

KOHLER, E. et KLINKOWSKI, M. — *Viruskrankheiten*. Parey, Berlin, 1954.

ROLAND, G. — *État actuel des connaissances relatives aux maladies à virus des plantes*. Annales de Gembloux, 1957, p. 13.

ROLAND, G. — *La thermothérapie des viroses végétales*. Mededelingen van de Landbouwhogeschool en de Opzoekingsstations van de Staat te Gent, 1957, XXII, 3, p. 553.

SMITH, K. — *A textbook of plant virus diseases*. Churchill, Ltd, London, 1957.

Nombreux résumés parus dans « Review of Applied Mycology ».

Le concept « ultravirus »

par

P. Manil,

Professeur à l'Institut Agronomique de l'État, à Gembloux.

Le domaine des ultravirus est vaste, et bien mystérieux encore. C'est un domaine dans lequel, depuis des décades, s'aventurent pathologistes, biologistes, physiciens, chimistes. Le problème des virus approche les confins mêmes de la vie. Problème dont l'étude doit allier la puissance à la finesse. Problème dont on a dit ceci : « la virologie est à la bactériologie ce que l'atomistique est à la physique ».

* * *

Qu'est-ce qu'un virus ? Peut-on définir le virus ?

On connaît, de longue date, des affections virales chez l'homme et l'animal, chez le végétal, chez la bactérie. Poliomyélite, rage, oreillons, jaunisses à virus, fièvre aphteuse, sarcome de Rous et bien d'autres, dans le monde animal, sans oublier les virus des insectes chez lesquels Steinhaus, dès 1945, reconnaissait quatre types génériques ; virus des plantes dont le nombre s'élevait, en 1955, à plus de 150 « espèces autonomes » ; bactériophages enfin, ces ultravirus des bactéries elles-mêmes, dont le nombre connu ne dépend que de la patience des chercheurs !

Pasteur, après ses études sur la rage et sur les virus de modestes larves de papillons, émit l'hypothèse que des entités morbides pouvaient ne pas être décelables au microscope. Ainsi naissait la notion du virus, *être submicroscopique.*

Mais on s'aperçut vite que les virus étaient des « parasites parfaits » c.-à-d. des parasites strictement obligatoires, incultivables dans les milieux de culture de laboratoire, et nécessitant, pour leur multiplication, leur « duplication », ou si l'on veut, leur « continuité génétique », d'être inclus dans une cellule vivante. Et ainsi, l'« unité fonctionnelle » n'était plus le virus en lui-même, *incapable de métabolisme autonome,* mais bien la cellule infectée.

Et, lorsqu'on put, grâce au microscope électronique ou l'ultracentrifugation différentielle, scruter profondément la cellule, on trouva que l'existence même du virus ne se signalait que par la présence d'un agrégat moléculaire ne se différenciant pas essentiellement de certaines constructions fondamentales exigées par la vie même de la cellule « hôte », sans qu'il soit possible par ailleurs de caractériser les grosses molécules observées par un critère commun et spécifique de quelque ordre que ce soit.

Il apparut vite que si la bactérie, l'être organisé le plus simple, pouvait être « saisie » dans son entité, sans qu'il soit nécessaire de considérer à part ses propriétés chimiques, physiques et biologiques, l'ultravirus par contre, situé spatialement au delà du monde communément accessible à nos sens, devait être « approché », selon les voies différentes, par la physique, la chimie, la biologie, voies différentes indispensables à l'acquisition patiente de données d'ordres essentiellement divers, dont la synthèse réelle est encore à faire.

Et c'est aussi le cas des gènes, et des autres « unités biologiques » inframicroscopiques douées de continuité génétique, comme les cinétosomes des infusoires, les chloroplastes, les plasmagènes.

« Quel que puisse être son destin, écrit MORAND, à propos du virus, il s'agis- » sait désormais de définir par rapport aux molécules voisines de l'hôte, le virus, » en recherchant ses caractéristiques en fonction des paramètres espace, » masse et temps, c.-à.-d. de dégager de l'ensemble des édifices vivants qui » l'entourent, la personnalité du virus, *être physique* » (1).

Et puis, par après, de préciser la forme du virus, *être chimique*.

Et enfin, d'étudier, de façon dynamique, les relations mutuelles du virus et de la cellule infectée ; étudier comment le virus peut se multiplier, et à partir de quels éléments. En d'autres mots, définir le virus « *être biologique* ».

Il est certain que la réalité physique du virus fut établie dès la fin du siècle dernier, par IWANOWSKI et BEYERINCK, à propos de la mosaïque du tabac, ce cobaye des virologues. Car, en effet, ces pionniers de la virologie démontrèrent qu'un filtrat bactériologiquement stérile pouvait contenir le principe infectieux, agent de la mosaïque du tabac. Cette réalité physique du virus, des virus, fut confirmée par la suite, par diverses méthodes : l'*ultrafiltration différentielle* qui permit de fixer les dimensions relatives de certains virus ; l'*électrophorèse* (les virus connus se présentant comme des colloïdes amphotères) ; l'*ultracentrifugation* qui, mettant en œuvre de puissants champs de gravitation, rendit possible la détermination de deux valeurs caractéristiques des virus : leur constante de sédimentation et leur constante de diffusion ; *l'usage des « champs de concentration »* (« salting out » des auteurs anglo-saxons) où le virus, soumis à des concentrations ioniques déterminées, voit sa solubilité brusquement modifiée, et peut être « précipité » comme un réactif chimique ; le *microscope électronique*, et aussi l'usage des *spectres de diffraction* aux rayons X.

Et enfin, l'*effet des radiations ionisantes*, avec l'application aux virus de la théorie des « cibles ».

On a noté très justement, cependant, que ce qui est accessible aux mesures et aux investigations, ce ne sont pas les entités recherchées elles-mêmes, mais leurs propriétés physiques : dimensions, masse, charge électrique, voire les structures fines. Il s'ensuit que, axées sur une ou au plus, deux de ces pro-

(1) MORAND, P. *Aux confins de la vie*. Masson et Cie, Paris, 1955.

priétés. les méthodes physiques donnent des résultats parfois assez dispersés et discordants.

* * *

L'unité virus est-elle définissable ? Une ultracentrifugation ou une ultrafiltration donnera des particules de tailles sensiblement identiques. Pouvons-nous dire qu'il s'agit là d'« unités virus » ? N'y a-t-il pas des fractionnements ou des regroupements ? Comme l'écrit encore MORAND, « y a-t-il, au bout de la chaîne d'extraction, un virus entier, un fragment de virus ou une collection de virus ? » Pour la jaunisse du navet, on a pu obtenir des cristaux inactifs à côté de cristaux semblables, actifs.

Et ainsi se trouve posé le problème de la numération des virus. On peut admettre théoriquement que l'unité virus est la plus petite unité capable de donner une infection positive. Cette unité infectante serait assimilable, assez facilement, à l'unité physique.

Hélas, il nous est impossible, actuellement, de réaliser des infections où il serait certain qu'une lésion, par exemple, serait l'œuvre, sans doute possible, d'un seul élément virus.

On a calculé que, dans les meilleures conditions réalisables, il fallait, pour obtenir une lésion, de 10^{-11} à 10^{-12}g de virus de mosaïque de tabac. Cela représente un million ou plus de particules élémentaires.

Les comptages biologiques sont précieux, cependant, pour des mesures comparatives, ou pour déterminer l'effet, progressif ou total, de traitements inactivants.

Le microscope électronique permit d'approcher de plus près le problème de l'unité virus. Mais la question d'artefacts possibles, fut et reste encore soulevée. Cependant, le microscope électronique fit apparaître les virus comme des constructions rigides, plus rigides que ne le sont les bactéries, par exemple, dont les variations de forme et de taille sont notables. Chose remarquable, nombre de virus ont des dimensions très asymétriques.

Il est certain que du point de vue physique, les virus constituent une collection très hétérogène d'entités allant de 10 milli-microns pour la fièvre aphteuse, par exemple, à des dimensions presque cellulaires, pour certains virus animaux et les gros virus polyédriques. S'agit-il, malgré ces dimensions très différentes, de virus de nature et de comportement semblables ? La question est loin d'être tranchée. On a fait remarquer humoristiquement que l'éléphant et la souris, tous deux mammifères, présentent des tailles respectives qui les placent à deux puissances de 10 l'un de l'autre. Cette comparaison n'a peut-être pas beaucoup de sens ici, car le domaine viral s'intègre dans le domaine moléculaire, certaines molécules inertes bien connues, comme les globulines, dépassant du reste en taille certains virus.

* * *

Brûlant les étapes, nous arrivons à la notion du « *virus chimique* ». Les pro-

grès, dans ce domaine, furent liés à la purification même des virus. Une dizaine de virus végétaux ont été purifiés, à ce jour. Quelques virus animaux, comme le virus de la poliomyélite et celui de la grippe sont actuellement obtenus sous une forme que l'on peut considérer comme très purifiée.

Il s'agit, on le sait depuis longtemps, de nucléoprotéines. Les travaux les plus importants à ce sujet ont porté sur les virus des végétaux. On utilisera aussi largement les bactériophages, matériel biologique aisément reproductible dans des conditions bien déterminées.

Ces dernières années, l'étude chimique de certains virus animaux fit aussi d'incontestables progrès.

L'étude des acides nucléiques viraux a fait l'objet des recherches les plus approfondies.

Les virus végétaux contiennent de l'acide ribonucléique. Les virus animaux de l'acide désoxyribonucléique, parfois, pour les « gros virus » un mélange des deux. Les phages contiennent de l'acide désoxyribonucléique.

La particule de mosaïque de tabac contient l'acide ribonucléique sous la forme d'une molécule unique, constituée de quelque 6000 nucléotides (GIERER, 1958) formant une chaîne. La spécificité ou si l'on veut, les propriétés génétiques sont liées à l'arrangement des bases puriques et pyrimidiques. L'altération, par un moyen quelconque, d'un seul nucléotide peut être léthale ou mutagène : par exemple, le remplacement d'un seul NH_2 par un OH (MUNDRY et GIERER, 1958).

Or, la *chromatographie* a permis, dans ce domaine, des analyses d'une grande délicatesse. Il fut établi que des virus apparentés possèdent des acides nucléiques de structure similaire, au point que l'analyse des acides nucléiques permet l'identification de certains virus.

La molécule de nucléoprotéine contient, plus ou moins lâchement associée, une holoprotéine, et, fait important qui semble admis, la teneur en amino-acides des protéines virales est héréditaire. On a pu modifier (acétyler, par exemple) la protéine virale, mais, le virus ainsi modifié étant inoculé, c'est la forme originelle qui réapparaît. C'est donc l'acide nucléique qui inspire la constitution protéique.

JEENER, à la suite de ses expériences d'infection de feuilles par infiltration de virus de mosaïque de tabac, observe que le virus participant à l'infection perd du reste sa fraction protéique, laquelle se dégrade. L'acide ribonucléique ainsi libéré reste, au contraire, intact, s'unit à des constituants protéiques de la cellule-hôte et joue vraisemblablement le rôle de modèle génétique dans la synthèse du virus néoformé.

Notons aussi que l'on a pu séparer ces constituants du virus (acides nucléiques et holoprotéines) et observer une recombinaison spontanée avec réapparition de l'activité virale.

La *spécificité antigénique des virus*, qui a donné lieu à de si intéressantes applications, scientifiques et pratiques, réside dans la fraction protéique.

* * *

Nous ne pouvons songer ici qu'à évoquer le problème, infiniment complexe, de la biosynthèse du virus. A savoir, comment le virus rebâtit sa propre structure aux dépens des éléments fournis obligatoirement par son hôte, structure comprenant à la fois l'élément acide nucléique et l'élément protéique.

Les acides nucléiques sont auto-reproductibles, mais sont également, nous l'avons vu déjà, à l'origine de la fraction protéique spécifique. Les acides nucléiques sont donc les agents de la protéosynthèse, et ceci est un phénomène général, qu'il s'agisse d'anticorps, de gènes, d'enzymes adaptatifs, de virus.

Le virus se reproduit semblable à lui-même, et malgré son apparente banalité, ce fait constitue l'aspect fondamental de la question. La fraction nucléique intervient comme « modèle génétique » selon les termes de JEENER, ou, ainsi que d'autres ont exprimé la chose, comme « inducteur » ou « matrice » ou « réplique ».

Il n'en va pas autrement des gènes.

Or, le virus lui-même, le virus purifié, ne contient pas d'enzymes. L'action enzymatique, nécessaire à toute synthèse, n'apparaît, pour le virus, que dans l'association « cellule-virus ».

Quoi qu'il en soit, on retombe, à propos des virus, dans le cercle acides nucléiques, gènes, enzymes.

* * *

Et nous aurions pu évoquer ici d'autres faits, de haute signification : par exemple, les virus latents, permettant de percevoir la limite génétique du domaine viral, certains virus comme le fameux facteur de la Drosophile semblant s'inscrire dans la trame héréditaire de l'hôte, comme le ferait un gène ; nous aurions dû parler des variations que connaissent les virus. Et aussi, des possibilités existant, dans certains cas, de supprimer, dans l'hôte, le virus hébergé. Nous aurions pu aussi comparer à certains faits de la virologie, le phénomène de « transformation bactérienne » où l'on voit un acide désoxyribonucléique extrait d'une bactérie, s'introduire dans le patrimoine héréditaire d'une bactérie parente. Nous aurions pu parler aussi de certaines hypothèses émises au sujet du cancer. Alors, qu'est-ce, en définitive, qu'un virus ?

Le virus se place au contact immédiat du monde moléculaire, comme un être limité, dit MORAND, mais, si la fraction nucléique peut être considérée comme la limite d'un élément nucléaire, la partie holoprotéique peut difficilement être assimilée à un reste de protoplasme.

Le virus se reproduit, il « asservit » des constituants étrangers, puisés chez son hôte, pour les rendre semblables à lui-même ; mais il n'a aucun métabolisme propre, aisé à mettre en évidence chez certaines bactéries ou fungi, parasites obligatoires. De façon absolue, aussi loin que nous sachions actuellement, le virus, que l'on peut séparer de son hôte, dépend obligatoirement et totalement de celui-ci lorsqu'il s'agit d'assurer sa continuité génétique, car, par lui-même, il ne respire pas, n'excrète pas.

Le virus est-il vivant ? Est-il logique de le couvrir d'une dénomination binomiale, comme les espèces végétales, animales ou microbiennes ?

Cette question du caractère vivant ou non du virus a-t-elle même un sens actuel ? Peut-on définir ce qu'est la vie, à sa limite ?

Où placer les virus dans l'évolution ? Le stade « virus pathogène » est-il le stade normal, ou au contraire, le stade « virus latent », c-à-d. celui qui permet au mieux la perpétuation et la persistance des virus.

Le virus est-il un carrefour ou un chaînon ? Représente-t-il un aboutissement dégénératif ou un « plasma ancestral inachevé » selon l'expression de Levaditi ?

On voit à quelles spéculations largement académiques de telles questions peuvent conduire.

Pourra-t-on un jour réaliser la synthèse des virus ? On n'a pu encore synthétiser aucun enzyme. Mais on peut admettre que la synthèse des virus se place dans le cadre logique des progrès de la biologie expérimentale.

Il ne semble donc pas possible de répondre à la question fondamentale : qu'est-ce qu'un virus ?

Bien sûr, on a dû donner du virus certaines définitions pratiques, ne préjugeant en rien de sa nature profonde, mais ayant du moins le mérite de circonscrire assez bien un champ d'investigations.

Par exemple, on a dit des virus qu'ils sont des entités pathogènes, obligatoirement parasites, de dimensions inférieures à 200 milli-microns.

De telles définitions ne peuvent être que conventionnelles et provisoires, car elles laissent en marge les problèmes fondamentaux que posent la genèse et la survivance des virus, et leurs relations possibles avec d'autres unités biologiques inframicroscopiques, considérées ou non comme normales, et douées également de continuité génétique.

La chromatographie et l'électrophorèse appliquées à l'étude biochimique des virus végétaux (*)

par

G. Sommereyns,
Laboratoire de Phytovirologie, Gembloux.

La nature protéique des virus végétaux a été mise en évidence, pour tous ceux qui ont pu être isolés jusqu'à ce jour, à l'aide des méthodes dont on dispose. En 1935, Stanley (110) sépare le virus de la mosaïque du tabac du jus de plantes infectées par une méthode similaire à celle utilisée pour la séparation des enzymes. Il montre que le matériel isolé possède les propriétés d'une protéine. L'année suivante, Bawden, Pirie, Bernal et Fankuchen (6) précisent que le virus de la mosaïque du tabac est en fait une protéine combinée à un acide ribonucléique, constituant une nucléoprotéine, dans laquelle le pourcentage de l'acide fut déterminé ultérieurement (4).

Par la suite, sur la base de la méthode de Stanley, on a procédé à la purification d'autres virus. L'étude de leur constitution a révélé que l'on avait aussi affaire à des nucléoprotéines, dont la proportion en acide ribonucléique peut varier de 6 % chez le virus X de la pomme de terre (5) à 35 % chez celui de la mosaïque jaune du navet (71).

L'instabilité et la fragilité de ces substances protéiques, ainsi que la difficulté de déceler de légères modifications dans leur structure, ont amené les chercheurs à envisager leur étude au moyen de méthodes plus douces, telles que la chromatographie et l'électrophorèse. Lors de ces opérations, la substance reste dans des conditions à peu près constantes, à l'encontre de ce qui se passe au cours d'autres procédés, où des modifications brusques du milieu augmentent les risques de dénaturation.

Ces deux méthodes sont utilisées à des fins diverses : contrôler l'homogénéité d'une substance, établir son identité ou sa non-identité avec une autre, la concentrer à partir de son milieu naturel où elle se trouve en faible quantité, séparer un mélange complexe en ses constituants, les isoler, les caractériser et les estimer quantitativement.

(*) Travail subsidié par l'Institut pour l'Encouragement de la Recherche scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture.

Le problème de la séparation est de loin celui que l'on envisage le plus souvent en chromatographie et en électrophorèse ; c'est à son sujet que de nombreuses techniques ont été décrites.

Il y a grand intérêt à analyser les produits de l'hydrolyse des nucléoprotéines infectieuses. En effet, il semble que la proportion en bases puriques et pyrimidiques de la partie nucléique varie d'un groupe de virus à un autre, tandis que la composition en acides aminés de la partie protéique serait liée aux variantes d'un même virus.

De ce fait les procédés qui ont spécialement retenus notre attention sont ceux qui ont servi à la détermination des nucléoprotéines (protéines et acides aminés d'une part, acides nucléiques et bases puriques et pyrimidiques d'autre part).

En virologie végétale, on leur a fait appel pour résoudre des problèmes biochimiques fondamentaux qui se posent continuellement et qui sont les suivants :

— isolement et purification de la substance pathogène responsable de l'affection dont souffre la plante,

— contrôle de l'homogénéité de la substance isolée et établissement de constantes pouvant servir à la caractériser,

— analyse chimique de ce qui constitue les particules infectieuses,

— recherches de procédés d'identification de viroses, soit en mettant directement en évidence l'agent pathogène, soit en décelant la présence de substances étrangères, non pathogènes, produites dans la plante-hôte à l'occasion de la maladie.

Nous envisagerons chacun de ces cas en les illustrant d'une série d'exemples où la chromatographie et l'électrophorèse trouvent leur application. Nous tenons cependant à rappeler tout d'abord les principes de ces deux méthodes.

La chromatographie.

Principes et procédés.

Un botaniste russe, Tswett, fut le premier à soupçonner les grandes possibilités de la chromatographie. Il a fait un parallèle entre la séparation des radiations lumineuses du spectre et celle des constituants d'un mélange de pigments par chromatographie. Il a traité des feuilles vertes par de l'éther de pétrole et déposé l'extrait sur une colonne de carbonate de calcium en poudre. Au cours de son passage au travers de celui-ci, la substance verte isolée, apparemment homogène, s'est séparée en un nombre de zones distinctes, différemment colorées, ce qui a démontré la nature complexe du pigment auquel on avait affaire.

Le principe de la méthode repose sur le fait suivant :
une substance déposée sur un support poreux approprié peut être entraînée au travers de celui-ci par un solvant donné appelé « développant ». Au cours du

développement, les constituants du mélange se séparent sélectivement sur le support parce qu'ils migrent à des vitesses différentes selon qu'ils sont plus ou moins adsorbés par celui-ci. En principe, leur arrivée respective à l'extrémité du support permet éventuellement de les recueillir de façon sélective.

Si l'on arrête le développement du chromatogramme à un moment donné, les constituants se trouveront fixés à certains endroits du support où on pourra procéder à leur révélation à l'aide de réactifs appropriés, par fluorescence, par radioactivité, ou par d'autres moyens suivant le cas. Cette révélation ne doit évidemment pas être faite quand les substances sont naturellement colorées.

Toutefois, d'une part, il n'est pas toujours possible de faire un examen qualitatif sur le support, et d'autre part, on peut être amené à devoir faire une analyse quantitative de ce qui a été séparé.

Dans ces cas, les corps peuvent être extraits en utilisant un ou plusieurs solvants convenables appelés « éluants ». Dans la solution recueillie, dite « éluat », ces corps sont déterminés qualitativement ou quantitativement ; par exemple, par la mesure de l'indice de réfraction des différentes fractions obtenues.

Divers procédés chromatographiques ont été appliqués à l'étude des protéines, des acides nucléiques et de leurs dérivés. Ce sont les procédés chromatographiques dits : d'adsorption, par échanges d'ions, de partage et sur papier. Nous rappellerons le principe de chacun d'eux.

Signalons toutefois qu'on ne peut établir avec certitude, dans chaque cas, le mécanisme auquel on a affaire. Les phénomènes d'adsorption et de partage ou d'adsorption et d'échange peuvent être simultanément responsables d'une séparation.

1) *Chromatographie par adsorption.*

La chromatographie par adsorption s'effectue sur une colonne constituée d'une matière solide, l'adsorbant, qui sert de support. Toutes les substances en poudre, finement divisées ou fibreuses (par exemple : alumine, phosphate, amidon, charbon de bois, etc) peuvent servir d'adsorbant, à condition qu'elles ne soient pas solubles dans les solvants utilisés et qu'elles n'aient pas d'action destructive sur les substances à étudier. L'affinité d'adsorption ne dépend pas seulement de la nature chimique de l'adsorbant, mais aussi de l'état physique résultant de son mode de préparation (11).

Les solvants utilisés pour le développement des chromatogrammes et pour leur élution peuvent être de nature minérale (acides, bases, solutions salines, etc) ou organique. Ils ne doivent pas réagir avec les substances mises à leur contact, qu'il faudra retrouver intactes après la séparation.

La durée du développement est en partie imposée par la nature de l'adsorbant et du solvant. Il existe une durée optimum de développement pour laquelle les taches séparées sont les plus condensées et les plus nettes. Au-delà de cette durée, le développant peut fonctionner comme éluant, ce qui n'est pas

toujours favorable. En effet, les taches peuvent s'agrandir démesurément jusqu'à se chevaucher.

Le choix de l'adsorbant et des solvants est assez arbitraire. En général, l'opérateur se base sur des expériences antérieures dont les résultats lui servent de guide. Quelques listes de classification de supports et de solvants ont été établies en fonction de leurs propriétés adsorbantes et éluantes. STRAIN (111) a donné une série d'exemples où il a montré l'influence de la nature de l'adsorbant, de la composition des solvants et de la température, sur l'ordre dans lequel les constituants d'un mélange se séparent. L'adsorption d'une substance organique semble donc fonction de sa structure chimique, de la nature de l'adsorbant et du solvant et de certaines conditions ambiantes régnant au cours de l'expérience.

Le processus chromatographique peut être considéré comme une compétition entre l'adsorbant et le solvant pour la rétention de la substance en question. La valeur de cette adsorption dépendrait notamment des polarités relatives des trois éléments du système.

L'affinité d'adsorption, définie par LE ROSEN (63) est exprimée par un facteur « R » qui est égal au quotient de la vitesse de déplacement de chaque constituant de la substance étudiée (mm/min) par la vitesse de déplacement du solvant de développement. Le même auteur et ses collaborateurs (64) ont établi une relation entre ce facteur « R », la structure du composé et le type des liaisons unissant la substance et l'adsorbant.

L'affinité d'adsorption d'une substance peut être tellement grande que le phénomène devient alors irréversible, c'est-à-dire qu'il devient très difficile d'extraire ultérieurement la substance du support à l'aide d'une solution éluante.

Les difficultés rencontrées dans la chromatographie des protéines sont dues à la lenteur avec laquelle l'équilibre d'adsorption s'établit, à l'irréversibilité du phénomène et au risque de dénaturation des protéines au cours de l'élution. Dans le cas qui nous intéresse, le problème consiste à trouver des adsorbants dont le processus d'adsorption est relativement rapide et réversible et des solvants dans lesquels les substances ne risquent pas de se dénaturer.

SWINGLE et TISELIUS (114) recommandent l'emploi de phosphate de calcium comme support pour la chromatographie des protéines, parce que ce produit se prépare facilement avec des caractéristiques physiques constantes et qu'il permet une adsorption réversible. TISELIUS (123) a montré qu'en utilisant des colonnes de ce sel convenablement préparées, il est possible d'exécuter l'analyse chromatographique des protéines pour une échelle de poids moléculaire allant de l'albumine de l'œuf (P. M. environ 44.000) au virus de la mosaïque du tabac (P. M. 15 à 20.000.000). MILLER et SCHLESINGER (82) ont utilisé du phosphate d'alumine pour étudier le comportement de cinq souches du virus de l'influenza.

Une variante de la méthode chromatographique que nous venons de décrire est la méthode d'*adsorption par salage* ou « salting-out adsorption ».

On sait que la séparation des protéines se réalise chimiquement par précipitation à l'aide de sels neutres : chlorure de sodium, sulfate d'ammonium, sulfate de magnésium. Or, on a observé que l'adsorption d'une substance protéique sur un support (silica gel, amidon, papier, etc) est favorisée par la présence de sels, à une concentration beaucoup plus faible que celle nécessaire dans le procédé classique de séparation. Le phénomène est réversible ; comme l'adsorption d'une protéine dépend de la concentration en sel du solvant, l'élution se fait en lavant le support avec de l'eau pure ou légèrement saline.

Le processus a été étudié par Shepard et Tiselius (100, 120). Il remplit les exigences mentionnées plus haut, c'est-à-dire que l'adsorption est rapide et réversible.

L'adsorption par salage s'est montrée efficace pour différentes protéines et aussi pour quelques-uns de leurs produits de scission. Elle serait applicable à l'étude de plusieurs virus animaux (65, 92, 93).

2) *Chromatographie par échanges d'ions.*

Un certain nombre de composés solides, zéolithes et permutites (aluminosilicates naturels et artificiels), résines synthétiques (Amberlite, Dowex, Duolite) ont la propriété d'échanger des ions avec les solutions que l'on met à leur contact ; cette propriété a trouvé son application en chromatographie.

Quand une résine échangeur d'ions sous sa forme acide RH^+ est mise en contact avec une solution de chlorure de sodium par exemple, les ions hydrogène H^+ de la résine sont remplacés par les ions sodium Na^+ et le chlorure est converti en acide chlorhydrique. La quantité de l'ion Na^+ que l'on retrouve dans la particule résine dépend de la concentration de cet ion dans la solution. L'élution des ions attachés à la résine peut se faire ultérieurement, soit par déplacement avec des ions qui se fixeront plus solidement que les premiers, soit en jouant sur les concentrations, par exemple en faisant intervenir un agent complexant.

Les connaissances relatives aux séparations chromatographiques par échanges d'ions sur résines synthétiques datent des travaux sur l'étude des produits de fission de l'uranium, réalisés par Tompkins et al. en 1943-45 (125). Depuis, ces résines ont été abondamment utilisées tant en chimie minérale qu'organique. Les échangeurs du type zéolithes et permutites sont moins intéressants, car ils ne s'emploient que dans une gamme limitée de valeurs de *p*H.

On a obtenu par échanges d'ions la séparation de substances telles que des acides aminés, des bases puriques et pyrimidiques et des nucléotides.

D'après certains auteurs (32), le contact entre les résines et les protéines semble causer des dommages à celles-ci ; de plus, leur pénétration dans le support serait difficile.

Cependant, Sober, Kegeles et Gutter (106) en étudiant le comportement d'une fraction de l'albumine du blanc d'œuf sur résine Dowex 50, ont observé

une bonne séparation en trois constituants, résultat confirmé d'ailleurs par d'autres techniques. BOMAN et WESTLUND (8) ont aussi chromatographié avec succès différentes protéines sur résine anionique du même type.

Cette technique chromatographique a d'ailleurs été appliquée à l'étude de virus animaux et végétaux. Les échangeurs d'ions ont permis la purification d'un virus de l'influenza à partir du fluide allantoïdien d'embryon de poulet infecté (77, 78). Le virus A de l'influenza, souche PR 8, a été isolé et concentré 400 fois après passage sur une colonne de résine cationique (116). Le virus de la rage a été purifié sur résine Amberlite (96), de même qu'un virus du haricot appelé « southern bean mosaic virus » (99). Le virus de la mosaïque du tabac et des bactériophages ont été chromatographiés sur colonne de résine cellulosique (15, 19).

3) *Chromatographie de partage.*

Si l'on agite une solution d'une substance donnée dans un solvant A avec un autre solvant B, non miscible au premier, on observe une répartition de la substance entre les deux liquides. A l'équilibre, une constante, appelée le « coefficient de partage α » exprime le rapport existant entre la concentration de la substance dans chacun des solvants.

Dans le procédé chromatographique basé sur ce principe, on distingue une phase liquide stationnaire et une phase liquide mobile. La première est constituée par le solvant qui imprègne le support solide sur lequel on dépose la substance à étudier. La seconde est le solvant non miscible au premier qui va s'écouler à travers le support préparé sous forme de colonne et y entraîner la substance à analyser. Au cours de son passage, les différents constituants de celle-ci vont se répartir sélectivement en des zones définies. Les constituants se caractérisent par une valeur « R » égale au quotient de leur vitesse de déplacement par celle du solvant mobile à travers la colonne. MARTIN et SYNGE (76) ont montré que ce rapport était en relation avec le coefficient de partage α. Ce rapport « R » correspond à celui qui a été déterminé par LE ROSEN pour la chromatographie d'adsorption (115).

Un exemple concret est donné par MARTIN et SYNGE (76) pour la séparation des acides aminés. Le matériel utilisé comme support solide est constitué d'une colonne de silica gel, retenant environ 50 % d'eau, qui fait office de phase liquide stationnaire. Le mélange des acides aminés est déposé au-dessus de cette colonne et le chromatogramme est développé en faisant passer au travers de celle-ci un mélange de chloroforme et de butanol.

En plus de la séparation des acides aminés par chromatographie de partage sur colonne de silica gel (76) ou d'amidon (83, 115), différents auteurs ont montré qu'il y avait moyen de purifier des protéines par ce procédé (42, 75).

4) *Chromatographie sur papier.*

La chromatographie sur papier est un procédé qui a trouvé de multiples applications tant en chimie organique qu'en chimie minérale.

Le support que l'on utilise est constitué de rondelles, de bandelettes ou de feuilles de papier filtre. Ce papier, dont les qualités de pureté et de porosité requises ont été définies, est préparé spécialement pour cet usage (54). Le déplacement du solvant, durant le développement du chromatogramme, est horizontal sur les rondelles de papier et vertical, ascendant ou descendant, sur les bandelettes et les feuilles.

Le processus qui se déroule dans ce cas-ci est encore mal défini. Le problème paraît assez complexe et les avis diffèrent. Certains auteurs, CONSDEN, GORDON et MARTIN (18), considèrent que le papier est le support inerte d'une phase aqueuse stationnaire ; la phase mobile est constituée d'un solvant non miscible parcourant le papier au cours de la chromatographie. Ce point de vue a soulevé beaucoup d'objections (62). D'autres auteurs ont émis l'hypothèse qu'il y avait formation d'un complexe cellulose-eau (40) sur lequel les constituants de la substance étaient fixés ; toutefois la nature exacte du mécanisme ne semble pas être connue avec certitude, à savoir s'il s'agit d'une adsorption sur le complexe ou d'un partage dans celui-ci. On a envisagé aussi l'existence d'une adsorption ou encore d'un échange d'ions en présence des groupes carboxyles libres (— COOH) de la cellulose (95, 97).

Le facteur caractéristique « R » de LE ROSEN, défini pour la chromatographie d'adsorption, est devenu ici le « Rf » qui exprime la valeur du rapport entre la vitesse de migration des différents constituants de la substance et celle du solvant de développement, dans les conditions expérimentales adoptées. Il est calculé en se référant au « front liquide », c'est-à-dire au niveau atteint par le solvant de développement, après un temps donné.

Une modification de la technique employée habituellement sur papier et qui s'est avérée très fructueuse pour la séparation de mélanges très complexes, est la *chromatographie à deux dimensions*. Elle consiste à développer le chromatogramme tout d'abord dans un sens, à l'aide d'un premier solvant, et ensuite, dans le sens perpendiculaire, à l'aide d'un second solvant. Ce procédé a été notamment utilisé par CONSDEN, GORDON et MARTIN (18) pour la résolution d'un mélange de vingt acides aminés.

La séparation des protéines par chromatographie sur papier est efficace à condition d'utiliser des solvants non dénaturants, tels que des solutions aqueuses d'acétone, d'alcool, de sels minéraux et de sucres ou des solutions tampon (celles-ci étant un système chimique qui tend à maintenir constante sa concentration en ions hydrogène, malgré des additions de base ou d'acide). Les chromatogrammes obtenus relèvent plutôt du principe de l'adsorption que de celui du partage, puisque les solvants de développement sont miscibles à l'eau.

La chromatographie sur papier de diverses protéines végétales a été réalisée à l'aide de solutions de sucrose et de tartrate alcalin (13). On a aussi étudié par ce procédé la constitution protéique de jus de plantes de pomme de terre atteintes d'enroulement (80), la répartition des acides aminés dans le jus de betteraves atteintes de « curly-top » (25) et dans celui de plantes exotiques infectées de diverses viroses (57, 58, 59, 89). Dans le domaine des viroses des

arbres fruitiers la méthode a été utilisée pour poser un diagnostic chez des cerisiers malades (141) et pour étudier les variations, au cours de l'année, des acides aminés libres dans des feuilles de cerisiers et de pêchers sains et malades (22).

Markham et Smith (72, 105) ont développé une méthode de chromatographie sur papier pour l'analyse quantitative des acides ribonucléiques. Le procédé a été appliqué aux acides nucléiques de plusieurs souches de virus (73, 74).

La chromatographie des nucléoprotéines a été entreprise dans différents laboratoires de virologie végétale, notamment pour des viroses du tabac, de la pomme de terre, du concombre, de la tomate, du haricot. Les résultats obtenus sont encourageants et permettent d'entrevoir l'application du procédé chromatographique sur papier pour l'étude d'autres viroses végétales. Citons Cochran (14) aux U.S.A., Gray (38) à Hawaï, Ragetli, van der Scheer et van der Want (87, 88, 127) aux Pays-Bas, nous-mêmes (107, 108) à Gembloux.

L'Électrophorèse.

Principe et procédés.

L'électrophorèse est une méthode dont le principe repose sur le fait que certaines substances se déplacent lorsqu'elles se trouvent dans un champ électrique. Sous l'action de ce champ, si la substance n'est pas pure mais composée de plusieurs constituants, ceux-ci se séparent en fonction de leur vitesse de migration respective, caractéristique pour chacun d'eux dans les conditions opératoires imposées. Cette vitesse est appelée la mobilité électrophorétique « u ».

Les substances protéiques, entre autres, possèdent cette propriété. Comme le signe de leur charge dépend de la concentration en ion hydrogène du milieu dans lequel elles se trouvent, elles vont migrer vers l'anode ou vers la cathode, suivant cette concentration. Il existe une valeur du *p*H pour laquelle il n'y a pas de déplacement. C'est la valeur au point isoélectrique ; elle est caractéristique pour chaque protéine.

Selon ce principe, les constituants d'un mélange de protéines, d'acides aminés ou de substances similaires sont susceptibles d'être isolés et séparés ; la détermination de leur mobilité et de leur point isoélectrique permet de les caractériser.

On distingue deux méthodes d'électrophorèse : l'électrophorèse libre et l'électrophorèse de zone. Dans la première, la migration s'effectue librement au sein d'une solution conductrice. Dans la seconde, le mouvement est stabilisé par un support solide rendu conducteur. Voyons brièvement les propriétés, avantages et inconvénients de ces deux méthodes.

1) *Électrophorèse libre.*

Nous sommes redevables à Tiselius des grands progrès réalisés dans la

connaissance des protéines, grâce à ses travaux sur l'étude de la migration de ces substances dans un champ électrique (118, 119, 121). Cet auteur a imaginé un appareillage nouveau constitué d'une cellule électrophorétique de forme spéciale, permettant l'observation facile des phénomènes et d'un système optique convenable pour l'enregistrement de ceux-ci. De plus, il a eu recours à diverses précautions permettant de travailler dans des conditions expérimentales optimales.

La méthode classique de Tiselius repose sur l'observation des phénomènes suivants : lorsqu'un mélange de protéines en suspension dans un milieu liquide est mis dans un champ électrique, on observe le déplacement de certaines zones caractérisées par un gradient d'indice de réfraction. Ce gradient se traduit par une courbe similaire à celle de la distribution de Gauss, donc présentant un maximum en son milieu. La courbe est appelée « frontière mobile » et c'est son déplacement que l'on observe. Il y aura autant de frontières qu'il y a de constituants dans le mélange et l'ensemble des courbes successives de variations de l'indice de réfraction constitue le diagramme électrophorétique (44, 131).

La technique opératoire de Tiselius peut être schématisée comme suit : l'échantillon de protéine, en suspension dans une solution tampon, est placé dans un tube de verre en forme de U. Celui-ci est la cellule électrophorétique dans laquelle va se déplacer la substance, si elle est homogène, ou ses divers constituants, si elle ne l'est pas.

Ce tube est formé d'un assemblage de sections, indépendantes les unes des autres, mais dont le déplacement horizontal permet de les mettre en communication ou de les isoler. Grâce à ce système, il est possible de superposer, sans qu'il y ait mélange, la suspension de protéine dans la solution tampon et la solution tampon elle-même.

La cellule est raccordée à deux vases à électrodes. On établit le contact entre l'échantillon et le tampon (par glissement des sections du tube) et on fait passer le courant. Son passage induit la migration de la substance en suspension ; ses constituants éventuels se séparent en une série de fractions contigües, limitées par les frontières.

Pendant toute la durée de l'expérience, la cellule plonge dans un bain dont la température, maintenue constante, est de l'ordre de 4° C. De cette façon la densité des solutions est au maximum, condition nécessaire pour diminuer l'influence des courants de convection au niveau des frontières.

Le déplacement de celles-ci est enregistré. Le diagramme électrophorétique obtenu est une courbe sur laquelle se montre une série de pics. Leur nombre est égal à celui des constituants de la substance analysée. Les surfaces délimitées par ces pics sont en relation avec la concentration relative de chaque composant dans le mélange (131, 132, 133).

En appliquant le principe de l'interférométrie aux besoins de l'électrophorèse libre, pour l'observation des phénomènes, on est arrivé à augmenter fortement la sensibilité de la méthode (113, 134, 135).

L'électrophorèse libre a été utilisée surtout dans le but de déterminer le degré de pureté de nombreuses substances : protéines, anticorps, enzymes, virus, etc. De plus, c'est avec une très grande précision qu'elle permet d'établir la valeur de la mobilité électrophorétique et du point isoélectrique. Elle ne peut cependant s'appliquer qu'à des substances de poids moléculaire assez élevé et se trouvant en assez forte concentration dans le milieu étudié. D'autre part, les séparations obtenues sont incomplètes.

Les domaines d'application de la méthode sont très vastes. Ils englobent la médecine, l'immunologie, la bactériologie, l'enzymologie, la chimie alimentaire, industrielle, etc (43, 53, 67, 132).

En ce qui concerne les protéines-virus, l'électrophorèse a servi comme moyen d'investigation dans l'étude des viroses animales et végétales. Les premiers travaux dateraient de 1927 (1). Ainsi, on a procédé à l'examen électrophorétique du virus aphteux bovin contenu dans des échantillons de lymphe et de sérum virulents (34, 45) et aussi à celui des cristaux polyhédriques du virus du ver à soie dans lesquels on a mis en évidence l'existence de quatre composants (139).

En 1946, FRAMPTON et TAKAHASHI (28) ont utilisé l'électrophorèse libre pour étudier des extraits de feuilles saines et virosées de plantes de tabac et de légumineuse. On a pu aussi, et avec succès, mettre en évidence et déterminer les propriétés de certaines protéines isolées de plantes infectées du virus de la mosaïque du tabac. Ces derniers travaux ont apporté une importante contribution à la connaissance du processus de multiplication de l'agent infectieux dans les végétaux (16, 17, 47, 84, 98, 117, 138). La méthode de TISELIUS a été appliquée lors d'une très intéressante étude comparative de huit variantes du virus de la mosaïque du tabac (33, 102). Des échantillons partiellement purifiés d'un virus d'arbre à fruits à noyau ont été analysés pour en contrôler leur degré de pureté et déterminer la mobilité de l'agent pathogène (66). Récemment, BAWDEN et KLECZKOWSKI (3) ont établi le diagramme électrophorétique de jus de tabacs virosés. Ils ont entre autre montré que la concentration des protéines normales chez ces plantes était influencée par la présence d'un virus.

2) *Électrophorèse de zone.*

Ici, à l'encontre de la méthode précédente, le déplacement des substances dans un champ électrique ne s'effectue plus librement, mais est stabilisé sur un support rendu conducteur. Celui-ci peut être du papier filtre, de l'amidon, de la poudre de verre, un gel de silice ou d'agar, etc (81, 122, 124).

La recherche d'un support favorable est primordiale pour obtenir de bonnes séparations. Son choix est souvent déterminé par les résultats d'expériences antérieures ou préliminaires. Il ne doit pas avoir d'action destructive vis-à-vis des substances à analyser et son pouvoir d'adsorption doit être faible afin qu'il n'entrave pas le mouvement des substances au cours du passage du courant.

Ce support peut avoir différentes formes ; la préférence pour l'une ou l'autre dépend de la quantité de matière dont on dispose. Il peut avoir l'aspect d'une plaque plus ou moins large et plate ou d'une colonne, constituée de matériaux finement divisés, fibreux ou encore de gels. On peut aussi utiliser comme support des bandelettes ou des feuilles de papier filtre. Le succès remporté en chromatographie par le papier a déterminé, semble-t-il, l'importance qu'on lui attribue en électrophorèse de zone. De nombreuses techniques relatives au procédé sur papier ont été décrites (20, 23, 56, 136).

La technique opératoire de l'électrophorèse de zone s'inspire à la fois de celle de la chromatographie et de celle de l'électrophorèse libre. L'échantillon est déposé à un endroit déterminé du support, imprégné d'une solution conductrice, ici d'une solution tampon. Les deux extrémités du support sont en relation avec deux vases à électrodes entre lesquels on établit une différence de potentiel. Sous l'action du courant, les constituants migrent et se séparent en fonction de leur mobilité respective. L'expérience terminée, il suffit de procéder à la détermination des zones où se sont localisés les divers constituants séparés. La manière de faire varie suivant l'appareillage utilisé.

S'il s'agit d'un support en forme de plaque, on peut découper celle-ci en minces languettes de mêmes dimensions qui sont introduites dans des tubes à essai contenant un solvant éluant. Après agitation dans celui-ci, les constituants extraits sont dosés par un procédé convenable, par exemple par spectrophotométrie ou par sérologie (45, 46).

S'il s'agit d'une colonne, l'extraction des constituants séparés s'effectue suivant la technique courante qui consiste à faire parcourir la colonne par un éluant et à recueillir les éluats au bas de celle-ci. Le dosage qualitatif et quantitatif des fractions se fait par la suite.

Enfin, en électrophorèse sur papier, il est facile de révéler les taches séparées, sur le support même, en utilisant à cet effet un réactif approprié. Ainsi pour les acides aminés et les peptides, on vaporise sur le papier une solution de ninhydrine ; pour les protéines, on immerge le papier dans une solution de bleu de bromophénol. On peut aussi procéder à une élution des taches et au dosage ultérieur des constituants extraits. Grassmann et Hannig (36) ont décrit une méthode permettant la mesure directe de la densité optique des taches révélées par coloration sur le papier.

En électrophorèse de zone, les séparations obtenues sont complètes car les constituants du mélange se sont localisés sur le support en des régions bien distinctes les unes des autres. La méthode s'applique aussi bien aux protéines qu'à des substances de poids moléculaire moins élevé telles que des acides aminés, peptides et nucléotides. La quantité de matière nécessaire est assez réduite et l'équipement requis est simple et peu coûteux. Cependant ces avantages ne sont obtenus qu'au détriment de la précision dans la détermination de la mobilité et du point isoélectrique. Celle-ci est soumise à une série de causes d'erreur dues principalement aux effets d'adsorption et d'électro-osmose.

L'effet d'adsorption est lié à la qualité du support et son importance peut être telle que l'on observe une complète immobilisation des zones. L'électro-osmose est provoquée par le mouvement propre de l'électrolyte sur le support, sous l'influence du champ électrique. De ce fait elle agit sur le déplacement des substances, mais il est possible d'évaluer son importance et d'introduire un facteur correctif (61).

Les appareils d'électrophorèse sont en général construits de telle sorte que l'évaporation du solvant (l'eau) y soit réduite au minimum pendant la durée des opérations. Ainsi le déplacement des substances est soumis essentiellement à l'effet du champ électrique. Toutefois, il faut signaler qu'il existe un procédé sur papier qui préconise une évaporation continue du solvant au cours du passage du courant. Les particules cheminent alors au sein d'un contre-courant liquide ; chacune d'elles est finalement immobilisée en un point du support où elle rencontre un débit liquide égal et opposé à sa vitesse de migration électrophorétique. C'est le procédé d'*électrorhéophorèse*, selon MACHEBOEUF (68, 69).

Un autre procédé encore, assez différent, décrit par BRAKKE (9, 10), consiste à utiliser comme support non pas un gel ou un solide poreux, mais une colonne liquide formée par la superposition d'une série de solutions de sucrose de densité différente (« sucrose-density-gradient-columns »). Étant donné la transparence de ce support, il est possible de suivre la migration de substances par des procédés optiques. Un autre avantage réside dans le fait qu'il y a absence d'adsorption et d'électro-osmose. L'électrophorèse de zone dans de telles colonnes de sucrose serait plus intéressante pour la séparation des virus des plantes que l'électrophorèse de zone dans des plaques d'amidon.

Cependant, l'amidon serait particulièrement efficace en électrophorèse de zone à cause de son faible pouvoir d'adsorption à l'égard des protéines et des peptides placés dans des solutions tampon aqueuses. De plus, on constate que sur ce support le phénomène d'électro-osmose est peu prononcé (55). Des expériences ont été réalisées sur plaque et sur colonne d'amidon avec différentes substances protéiques (27, 85, 126) et notamment avec du virus aphteux bovin (45, 46). Toutefois l'emploi d'amidon comme support n'a pas toujours donné les résultats espérés. Dans certains cas, on lui substitue, avec succès, de la cellulose (papier ou coton) utilisée sous forme de poudre (26).

L'électrophorèse sur papier est appliquée à l'examen de protéines de diverses provenances. Dans de très nombreux cas cliniques, elle peut servir à la séparation des protéines du sérum humain normal et pathologique ou d'autres liquides et humeurs du même type (37, 61, 128). Le même procédé et ses variantes adaptées aux cas particuliers, sont employés par beaucoup d'auteurs pour la séparation des acides aminés et des peptides (7, 23, 39, 136, 137). La séparation de pratiquement tous les dérivés de l'acide nucléique peut se faire à l'aide d'un appareil très simple décrit par MARKHAM et SMITH (86).

L'électrophorèse sur papier à deux dimensions a été utilisée par DURRUM (24) pour séparer des acides aminés. RENARD et CASIMIR (91), à Gembloux, ont

étudié de cette façon la répartition des acides aminés dans vingt espèces d'Agaricales.

En ce qui concerne les protéines-virus, signalons le travail de GRAY (38) où l'électrophorèse sur papier a été appliquée à l'examen des protéines cytoplasmiques de plantes infectées du virus de la mosaïque du tabac, du virus Y de la pomme de terre, du virus de la mosaïque du concombre et du virus du « spotted wilt » de la tomate. MCANELLY et al. (79, 80), REINDEL et BIENENFELD (90) et aussi KANNGIESSER (51) ont utilisé le même procédé pour étudier le comportement électrophorétique de jus de tubercules et de feuilles de pommes de terre saines et atteintes d'enroulement. Ce dernier auteur a, de plus, comparé entre eux, par le même procédé, des extraits concentrés de feuilles de tabacs sains, infectés du virus de la mosaïque du tabac et du virus X de la pomme de terre (52, 109).

Un processus appelé *continu* est utilisé pour la séparation de grandes quantités de substance. Il consiste à faire écouler le mélange à analyser et un solvant (une solution tampon) de façon continue, simultanée et constante à travers un support poreux et à les soumettre en outre à un courant électrique perpendiculaire au flux liquide. Ce procédé a été mis au point par SVENSSON et BRATTSTEN (112) qui emploient comme milieu inerte de la poudre de verre. D'autres auteurs ont décrit un appareil continu dans lequel le support est constitué de feuilles de papier filtre (35). Il faut signaler à cet effet une publication de RONDELET et LONTIE (94) sur l'électrophorèse continue appliquée aux albumines et globulines de l'orge, ainsi qu'un travail de ZAITLIN (140) relatif à la séparation de variantes du virus de la mosaïque du tabac par ce même procédé.

* * *

Il est possible de combiner la chromatographie et l'électrophorèse dans le but d'augmenter encore les chances de séparation. Ces méthodes peuvent être appliquées simultanément (12, 41) ou à la suite l'une de l'autre (30, 31, 70). L'action du développant et celle du courant sont toujours dirigées à angle droit. Une analyse de la répartition des acides aminés dans différentes souches du virus X de la pomme de terre a été réalisée avec succès à Gembloux, par BAUDART (2), au moyen d'une chromato-électrorhéophorèse sur papier. L'auteur a conclu qu'un changement affectant la virulence et l'aspect des symptômes coïncide avec une modification dans la composition en acides aminés du virus X.

QUELQUES APPLICATIONS DE LA CHROMATOGRAPHIE ET DE L'ÉLECTROPHORÈSE EN VIROLOGIE VÉGÉTALE.

Comme il a déjà été dit au début de cet exposé, certaines questions biochimiques fondamentales posées en virologie végétale ont été étudiées à l'aide des deux méthodes que nous venons de décrire. Ces questions concernent no-

tamment l'isolement et la purification des virus, le contrôle de leur homogénéité une fois isolés, la détermination de certaines de leurs caractéristiques physiques et leur analyse chimique. Elles ont aussi rapport à la recherche de moyens d'identification de viroses dans les plantes malades et de détection dans des végétaux apparemment sains.

La littérature fournit une série d'exemples où la chromatographie et l'électrophorèse contribuent à la résolution de ces problèmes. Voyons-en quelques-uns relatifs à ce qui a été énoncé ci-dessus.

1) *Isolement et purification des virus végétaux.*

Des auteurs néerlandais, Ragetli, van der Scheer et van der Want (87, 88) ont décrit une technique simple permettant d'isoler une série de virus par chromatographie sur papier, dans le but de faire des préparations destinées à être examinées au microscope électronique. Ils se servent à cet effet de bandelettes de papier filtre sur lesquelles ils déposent une goutte de jus de plante infectée. Celui-ci est utilisé à l'état brut ou débarrassé des protéines normales par centrifugation à faible vitesse. Les chromatogrammes sont développés à l'aide de divers solvants, particulièrement d'eau bidistillée.

La chromatographie terminée, l'emplacement de la protéine-virus sur le papier est déterminé notamment par voie biologique. Pour cela les bandelettes sont découpées en plusieurs morceaux. Le virus en est extrait en les triturant avec un agitateur dans un certain volume d'eau. Les éluats ainsi obtenus sont d'une part inoculés à des plantes sensibles au virus en cause, et d'autre part examinés au microscope électronique. Les virus étudiés de cette manière sont les suivants : le « rattle virus », celui de la mosaïque et un de ceux de la nécrose du tabac, le virus X de la pomme de terre, une variante du virus de la mosaïque du concombre et le virus du « bushy stunt » de la tomate.

Un tel procédé de préparation est apparu comme présentant certains avantages comparé aux procédés classiques. Les préparations auraient un aspect plus homogène et le processus empêcherait la formation d'agrégats de particules-virus, permettant ainsi d'établir leurs dimensions de façon plus correcte.

La chromatographie sur papier a aussi été appliquée par van der Want (127) pour démontrer la présence de particules caractéristiques dans le jus de plantes de haricot infectées de plusieurs viroses. Nous-mêmes, à Gembloux, avons utilisé le procédé de chromatographie sur papier pour l'étude des virus A et Y de la pomme de terre (107, 108). En employant comme solvant de développement l'acide acétique ou l'acide chlorhydrique 0.01 N, nous avons pu localiser ces deux virus en des zones définies sur des bandelettes de papier filtre. Malgré le caractère infectieux des éluats recueillis (vérifié par inoculation sur *Nicotiana tabacum* L.), la présence des particules-virus ne s'est pas manifestée lors de l'examen au microscope électronique. Ceci peut s'expliquer par une trop faible concentration des virus dans les jus étudiés.

Deux autres exemples intéressants d'application de ces méthodes sont

donnés par LAUFFER et PRICE (60) et par SHAINOFF et LAUFFER (99). Ils concernent la purification du « southern bean mosaic virus » par électrophorèse libre et par chromatographie sur résine échangeur d'ions. Les premiers ont constaté que certaines préparations de ce virus, isolé à partir de plantes cultivées sous lumière intense, contenaient une quantité considérable de pigment, difficile à éliminer par des méthodes usuelles (précipitation, centrifugation, cristallisation). Ils ont observé que le pigment possédait une vitesse de migration plus rapide que celle du virus en cause dans la cellule électrophorétique de TISELIUS. Cette observation les a conduits à se servir de l'électrophorèse pour purifier les préparations fortement pigmentées. De même, les seconds ont purifié le « southern bean mosaic virus » sur résine Amberlite XE-67. Ils ont débarrassé ainsi la nucléoprotéine du pigment qui la souillait. L'opération s'est déroulée sans perte de virus ni disparition du caractère infectieux de celui-ci.

ZAITLIN (140) a décrit une méthode permettant la séparation de certaines variantes du virus de la mosaïque du tabac à l'aide du procédé d'électrophorèse continue sur papier. Quelques essais sur des variantes du même virus avaient été réalisés précédemment par électrophorèse libre (49, 104).

2) *Contrôle de l'homogénéité et détermination de caractéristiques physiques des substances isolées.*

Le comportement électrophorétique de préparations de deux virus, celui des taches annulaires de la tomate et celui des taches annulaires du tabac, a été comparé (21, 50). Dans les deux cas, quatre constituants protéiques ont été obtenus dont on a déterminé la mobilité. Les tests biologiques ont montré que le pouvoir infectieux est lié au constituant qui migre le moins vite.

Des échantillons partiellement purifiés d'un virus d'arbre à fruits à noyau ont été analysés par électrophorèse afin de se rendre compte de leur degré de pureté et de déterminer la mobilité de l'agent infectieux (66).

La valeur du point isoélectrique d'un virus du concombre appelé « wild cucumber mosaic virus » a été établie par la même méthode (103).

L'électrophorèse a servi de moyen d'investigation dans une série de recherches sur la multiplication du virus de la mosaïque du tabac et sur la formation de protéines étrangères apparaissant dans les tissus végétaux au cours du développement de l'infection. Ces protéines et le virus ont été caractérisés par leur mobilité électrophorétique (16, 17, 47, 117). Pour ce dernier, on a étudié les variations de celle-ci en fonction des conditions du milieu (130).

SIEGEL et WILDMAN (102) ont classifié huit variantes du virus de la mosaïque du tabac en quatre groupes. Pour cela, ils se sont basés principalement sur un critère biologique et sur la détermination de la mobilité de chaque variante. Ces résultats ont été confirmés par GINOZA et ATKINSON (33). Le fait que des virus peuvent avoir des mobilités électrophorétiques différentes a rendu possible une étude des vitesses relatives de multiplication de deux variantes du virus de la mosaïque du tabac présents dans la même plante (101).

3) *Analyse chimique des particules-virus : protéine et acide nucléique.*

A Gembloux, Baudart (2) a recherché et comparé la composition en acides aminés de deux souches du virus X de la pomme de terre en se servant d'une chromato-électrorhéophorèse sur papier. Les acides aminés contenus dans les hydrolysats de la protéine-virus ont été analysés par le procédé de Gerlaxhe, Casimir et Renard (30). Pour réaliser l'examen complet des hydrolysats, l'auteur s'est servi de deux systèmes de solvants. Les mêmes acides aminés ont été retrouvés dans les deux souches examinées, sauf la méthionine, absente dans la souche la plus virulente. L'analyse quantitative a cependant permis de mettre en évidence des différences d'une souche à l'autre, en ce qui concerne notamment les acides aminés tels que le tryptophane, l'acide glutamique et la thréonine.

Une protéine anormale a été retrouvée dans des plantes de *Nicotiana tabacum* infectées du virus de la mosaïque du tabac. A part son manque de caractère infectieux, lié à l'absence d'acide nucléique, elle montre une grande parenté avec le virus lui-même. Newmark et Fraser (84) ont comparé la composition en acides aminés de cette protéine anormale et de celle du virus. Les hydrolysats furent chromatographiés sur des colonnes d'échangeur d'ions Dowex 50. Les mêmes acides ont été retrouvés dans un cas comme dans l'autre et, de plus, on n'a observé aucune différence dans les résultats quantitatifs. Une recherche similaire a été entreprise par Fraser et Cosentino (29), cette fois pour le virus de la mosaïque jaune du navet et une protéine anormale trouvée dans cette crucifère.

En ce qui concerne l'analyse de la partie nucléique des particules-virus, Markham et Smith (142) ont traduit en une image graphique la composition en nucléotides (acides guanylique, adénylique, cytidylique et urydylique) de l'acide nucléique de plusieurs virus : deux variantes du virus X de la pomme de terre, trois variantes du virus de la mosaïque du tabac, le virus du « bushy stunt » de la tomate et celui de la mosaïque jaune du navet. Une étude chromatographique des acides nucléiques de cinq souches du virus de la mosaïque du tabac a été publiée par les mêmes auteurs (74). Comme le fait remarquer Markham, il semble que les différences fondamentales entre les groupes de virus soient en relation avec la composition de leur acide nucléique, tandis que les différences entre les variantes d'un même virus seraient plutôt en relation avec la composition en acides aminés de la protéine.

4) *Identification et détection des viroses dans les plantes infectées.*

Le virus de la mosaïque du tabac a pu être détecté par chromatographie sur papier dans des jus de cette solanacée en utilisant comme solvant de développement des solutions tampon de *p*H différents. Sous l'influence de certaines d'entre elles le virus s'est déplacé sur le support. Il a été retrouvé après élution sous une forme fortement infectieuse. L'emplacement du virus chromatographié sur le papier a été révélé à l'aide d'un réactif de l'arginine (14). Ce virus a aussi

été détecté par le même procédé dans des protéines cytoplasmiques extraites de feuilles de tabac, en utilisant cette fois pour le développement des mélanges d'alcool éthylique et d'eau. Dans ce cas, le virus a été localisé à l'aide de bleu de bromophénol (38).

La présence d'un virus du cerisier, le virus des taches annulaires, a été mise en évidence dans des extraits de feuilles de ce *Prunus*, par chromatographie sur bandelettes de papier (141). Les résultats obtenus permettraient d'entrevoir l'application de la technique pour le diagnostic de la maladie et pour assurer le contrôle sanitaire des vergers.

La méthode chromatographique a été employée par FIFE lors de l'examen des jus de feuilles de betteraves saines et atteintes du virus du « curly top » (25). L'auteur a relevé des différences significatives dans la concentration relative de certains acides aminés entre les échantillons sains et les infectés. Des travaux semblables ont été réalisés pour une série de plantes exotiques virosées (57, 58, 59, 89).

Des essais de détection du virus de l'enroulement de la pomme de terre ont été effectués sur la variété Russet Burbank (80). On a essayé à cette fin l'électrophorèse et la chromatographie sur papier ; c'est le second procédé qui semble donner les meilleurs résultats pour le diagnostic. Cependant ces premières investigations en demandent d'autres avant de pouvoir passer à l'application pratique. Il faut signaler au sujet du même virus un travail relatif à la mise en évidence de différences entre la composition protéique du jus de feuilles de pommes de terre saines et infectées, au cours duquel on a aussi utilisé l'électrophorèse et la chromatographie sur papier (90).

FRAMPTON et TAKAHASHI (28) ont publié en 1946 le résultat d'études électrophorétiques réalisées sur des plantes infectées de virus divers. Des diagrammes spécifiques ont été tracés pour des extraits de tabacs sains, infectés des virus X et Y de la pomme de terre, du virus de la mosaïque du concombre et du virus de la mosaïque du tabac, ainsi que pour des extraits de légumineuses saines et infectées d'un virus du haricot. Les images obtenues pour le virus de la mosaïque du tabac sont surtout intéressantes car l'apparition d'une nouvelle protéine dans les plantes malades est en corrélation avec le moment où les symptômes commencent à se manifester. Sa concentration augmente au cours de la progression de la maladie.

Il vient de paraître une étude du même intérêt que la précédente, faite par BAWDEN et KLECZKOWSKI (3). Elle est relative au comportement électrophorétique de jus de plantes de tabac saines et virosées. Pour les plantes saines, on a montré que ce comportement peut varier en fonction de divers facteurs : position de la feuille sur la tige, âge de la plante, conditions de nutrition et de croissance. L'analyse électrophorétique du jus de plantes infectées du virus de la mosaïque du tabac et du virus X de la pomme de terre révèle la présence de nouvelles substances. Il n'en a pas été de même en ce qui concerne le virus Y de la pomme de terre et le « tobacco etch virus ».

* * *

Cette rapide mise au point avait pour but de montrer que la chromatographie et l'électrophorèse ont pu être utilisées à des fins diverses pour l'étude des virus végétaux et des affections qu'ils déterminent chez les plantes.

Bien que, jusqu'ici, on soit arrivé à extraire et à purifier un certain nombre de virus par les méthodes courantes et à établir le caractère nucléoprotéique de leurs particules, beaucoup d'autres n'ont jamais été isolés et par conséquent, on n'a pu se prononcer sur la nature de leurs constituants.

Les procédés d'extraction classiques (précipitation, centrifugation, etc) ne semblent donc pas convenir dans tous les cas. On se heurte à une série de difficultés imposées par les propriétés des particules auxquelles on a affaire. Certains virus sont très sensibles aux conditions du milieu expérimental et leur étude nécessite des précautions spéciales. D'autres sont à une concentration tellement faible dans le jus des plantes qu'il faut au préalable trouver un moyen de les concentrer à partir de leur milieu naturel. Il faut envisager aussi la présence dans la plante-hôte de substances inhibitrices du virus à isoler qui se manifestent par une action destructive vis-à-vis de celui-ci.

Le problème de l'isolement et de la purification tel qu'il se pose pourra se résoudre en recherchant des procédés moins brutaux et plus spécifiques que ceux que l'on avait l'habitude d'utiliser. Certains travaux effectués à l'aide des méthodes que nous venons de décrire ont permis de faire quelques progrès dans cette voie.

La chromatographie et l'électrophorèse ont aussi contribué à la connaissance du processus fondamental de la multiplication des virus dans les tissus végétaux et des phénomènes connexes qui l'accompagnent. Il convient peut-être ici de signaler une troisième méthode, qui n'a rien de commun avec les deux précédentes mais qui a permis également d'expliquer certains phénomènes relatifs à cette multiplication ; c'est la méthode qui consiste à utiliser des isotopes radioactifs, tels le carbone 14 et le phosphore 32 (48, 129).

Nous avons vu que la chromatographie et l'électrophorèse ont été appliquées à l'identification des viroses végétales. Ce problème est très important dans le domaine pratique et les travaux y afférents font partie du programme de beaucoup de laboratoires et je citerai ici, spécialement, du Laboratoire de Phytovirologie, situé au sein de la Station de Phytopathologie, à Gembloux.

Le procédé qui est certainement le plus valable est celui qui consiste à détecter le virus lui-même. Cependant beaucoup d'auteurs ont basé l'identification d'affections virologiques des plantes sur l'observation de modifications du métabolisme cellulaire induites par la présence du virus dans la plante infectée. Ainsi, il peut s'agir d'une stimulation de l'activité enzymatique, d'une accumulation de substances telles que des phénols ou des sucres réducteurs, d'une déficience auxinique, d'une modification du taux en protéines normales, etc. De telles perturbations ne sont pas nécessairement spécifiques de la maladie recherchée. Elles peuvent être causées par d'autres phénomènes

(conditions spéciales d'ambiance, par exemple). Pour se mettre à l'abri d'une interprétation erronée des résultats, on comprendra qu'il est nécessaire d'avoir à sa disposition des plantes témoins saines et qui ont été soumises à des conditions identiques à celles des plantes examinées. Ce fait rend moins pratique l'utilisation des procédés biochimiques en vue de l'identification des viroses végétales et fait comprendre l'importance de la mise au point de procédés où la particule infectieuse elle-même est caractérisée. Les possibilités multiples des méthodes que nous avons décrites permettront sans doute d'arriver à un tel résultat.

BIBLIOGRAPHIE

1. Abramson, H. A., Moyer, L. S. & Gorin, M. H. — *Electrophoresis of proteins and the chemistry of cell surfaces*. Chapitre VIII. Antibodies, antigens, and their reactions. Reinhold Publishing Corporation, New-York, U.S.A., 1942.
2. Baudart, E. — Parasitica, 1957, XIII, 42.
3. Bawden, F. C. & Kleczkowski, A. — Virology, 1957, 4, 26.
4. Bawden, F. C. & Pirie, N. W. — Proc. Roy. Soc., 1937, 123, 274.
5. Bawden, F. C. & Pirie, N. W. — Brit. J. Exp. Path., 1938, 19, 66.
6. Bawden, F. C., Pirie, N. W., Bernal, J. D. & Fankuchen, I. — Nature, 1936, 138, 1051.
7. Biserte, G. — Bioch. Biophys. Acta, 1950, 4, 416.
8. Boman, H. G. & Westlund, L. E. — Arch. Biochem. and Biophys., 1956, 64, 217.
9. Brakke, M. K. — Phytopathology, 1953, 43, 467.
10. Brakke, M. K. — Arch. Biochem. and Biophys., 1955, 55, 175.
11. Brockmann, H. & Schodder, H. — Ber. dtsch. chem. Ges., 1941, 74, 73.
12. Burma, D. P. — Anal. Chim. Acta, 1953, 9, 518.
13. Carangal, A. R. Jr, Catambay, A. M. & Manzanilla, E. B. — Philippine Agr., 1955, 39, 1.
14. Cochran, G. W. — Phytopathology, 1947, 37, 850.
15. Commoner, B., Lippincott, J. A., Shearer, G. B., Richman, E. E. & Wu, J. H. — Nature, 1956, 178, 767.
16. Commoner, B., Newmark, P. & Rodenberg, S. D. — Arch. Biochem. and Biophys., 1952, 37, 15.
17. Commoner, B., Yamada Masashi, Rodenberg, S. D., Tung-Yue Wang & Basler, E. Jr. — Science, 1953, 118, 529.
18. Consden, R., Gordon, A. H. & Martin, A. J. P. — Biochem. J., 1944, 38, 224.
19. Creaser, E. H. & Taussig, A. — Virology, 1957, 4, 200.
20. Cremer, H. & Tiselius, A. — Biochem. Z., 1950, 320, 273.
21. Desjardins, P. R., Senseney, C. A. & Hess, G. E. — Phytopathology, 1953, 43, 687.
22. Diener, T. O. & Law, N. O. — Phytopathology, 1954, 44, 486.
23. Durrum, E. L. — J. Amer. Chem. Soc., 1950, 72, 2943.

24. Durrum, E. L. — J. Colloid. Sci., 1951, 6, 274.
25. Fife, J. M. — Proc. Amer. Soc. of Sugar Beet Technol., 1954, VIII, 207.
26. Flodin, P. & Kupke, D. W. — Bioch. Biophys. Acta, 1956, 21, 368.
27. Flodin, P. & Porath, J. — Bioch. Biophys. Acta, 1954, 13, 175.
28. Frampton, V. L. & Takahashi, W. N. — Phytopathology, 1946, 36, 129.
29. Fraser, D. & Cosentino, V. — Virology, 1957, 4, 126.
30. Gerlaxhe, S., Casimir, J. & Renard M. — Bull. Soc. Chim. belges, 1957, 66, 251.
31. Gerlaxhe, S. & Renard, M. — C. R. 27e Congrès intern. chim. ind. (Brussels), 1954, 3.
32. Gilbert, G. A. & Swallow, A. J. — Biochem. J., 1950, 47, 502.
33. Ginoza, W. & Atkinson, D. E. — Virology, 1955, 1, 253.
34. Girard, H., Mackowiak, C., Hirtz, J. & Camand, R. — Revue d'Immunologie, 1953, XVII, 239.
35. Grassmann, W. & Hannig, K. — Naturwiss., 1950, 37, 397.
36. Grassmann, W. & Hannig, K. — Naturwiss., 1950, 37, 496.
37. Grassmann, W., Hannig, K. & Knedel, M. — Dtsche Mediz. Wochenschr., 1951, 76, 333.
38. Gray, R. A. — Arch. Biochem. and Biophys., 1952, 38, 305.
39. Gross, D. — Nature, 1955, 176, 72.
40. Hanes, C. S. & Isherwood, F. A. — Nature, 1949, 164, 1107.
41. Haugaard, G. & Kroner, T. D. — J. Amer. Chem. Soc., 1948, 70, 2135.
42. Herbert, D. & Pinsent, J. — Biochem. J., 1948, 43, 193.
43. Heyndrickx, G. V. — *Onderzoek over de Melk- en Bloed eiwitten bij middel van de Electrophoresemethode*. Thèse de doctorat présentée à l'Université de Gand, le 29 mars 1955.
44. Hirtz, J. — *L'électrophorèse*. Laboratoire de Physique de l'Institut français de la Fièvre aphteuse, Lyon.
45. Hirtz, J. — Archiv für die Gesamte Virusforschung, 1955, VI, 2.
46. Hirtz, J. & Camand, R. — Revue d'Immunologie, 1954, XVIII, 206.
47. Jeener, R., Lemoine, P. & Lavand'homme, C. — Bioch. Biophys. Acta, 1954, 14, 321.
48. Jeener, R. & van Rysselberghe, C. — Bioch. Biophys. Acta, 1955, 17, 233.
49. Kahler, H. & Woods, M. W. — Arch. Biochem., 1949, 22, 393.
50. Kahn, R. P., Desjardins, P. R. & Senseney, C. A. — Phytopathology, 1955, 45, 334.
51. Kanngiesser, W. — Phytopath. Zeitschr., 1952, 18, 447.
52. Kanngiesser, W. — Zeitschr. für PflKr. (PflPath.) und PflSch., 1957, 64, 257.
53. Kleczkowski, A. — Immunology, 1958, 1, 36.
54. Kowkabany, G. N. & Cassidy, H. G. — Anal. Chem., 1950, 22, 817.
55. Kunkel, H. G. & Slater, R. J. — Proc. Soc. exp. biol. med., 1952, 80, 42.
56. Kunkel, H. & Tiselius, A. — J. Gen. Physiol., 1951, 35, 89.
57. Laloraya, M. M., Govindjee & Raja Rao, T. — Current Sci. (India), 1955, 34, 203.
58. Laloraya, M. M., Govindjee, R. V. & Raja Rao, T. — Experientia, 1956, 12, 58.
59. Laloraya, M. M. & Raja Rao, T. — Experientia, 1956, 12, 180.

60. LAUFFER, M. A. & PRICE, W. C. — Arch. Biochem. N. Y., 1957, XV, 115.
61. LEDERER, M. — *An introduction to paper electrophoresis and related methods.* Elsevier Publishing Company, 1955.
62. LEDERER, E. & LEDERER, M. — *Chromatography.* Elsevier Publishing Company, 1953.
63. LE ROSEN, A. L. — J. Amer. Chem. Soc., 1942, 64, 1905.
64. LE ROSEN, A. L., MONAGHAN, P. H., RIVET, C. A. & SMITH, E. D. — Proc. Louisiana Acad. Sci., 1951, 12, 99.
65. LEYON, H. — Arkiv Kemi, 1949, 1, 313.
66. LINDNER, R. C., KIRKPATRICK, H. C. & WEEKS, T. E. — Phytopathology, 1955, 45, 574.
67. LONTIE, R., CREVECOEUR, A. & DULCINO, J. — Meded. van de vlaamse chemische Vereniging, 1954, 16, 53.
68. MACHEBOEUF, M. — Chem. Weekblad, 1953, 14, 237.
69. MACHEBOEUF, M., REBEYROTTE, P., DUBERT, J. M. & BRUNERIE, M. — Bull. Soc. Chim. Biol., 1953, 35, 334.
70. MARINI-BETTOLO, G. B., LEDERER, M., JORIO, M. A. & PIMENTOR, A. — Gazz. Chim., 1954, 84, 1155.
71. MARKHAM, R. — Discuss. Faraday Soc., 1951, 11, 221.
72. MARKHAM, R. & SMITH, J. D. — Biochem. J., 1949, 45, 294.
73. MARKHAM, R. & SMITH, J. D. — Biochem. J., 1950, 46, 401.
74. MARKHAM, R. & SMITH, J. D. — Biochem. J., 1950, 46, 513.
75. MARTIN, A. J. P. & PORTER, R. R. — Biochem. J., 1951, 49, 215.
76. MARTIN, A. J. P. & SYNGE, R. L. M. — Biochem. J., 1941, 35, 1358.
77. MATHEKA, H. D. & AMBRUSTER, O. — Z. Naturforsch., 1956, 11b, 187.
78. MATHEKA, H. D. & AMBRUSTER, O. — Z. Naturforsch., 1956, 11b, 193.
79. McANELLY, C. W., FULTS, J. & PAYNE, M. — Amer. Potato J., 1955, 32, 425.
80. McANELLY, W. C., PAYNE, M. G. & FULTS, J. L. — Amer. Potato J., 1956, 33, 134.
81. McDONALD, H. J. & alt. — Clinical Chemist, 1953, 5, 17, 35, 51.
82. MILLER, H. K. & SCHLESINGER, W. — J. Immun., 1955, 75, 155.
83. MOORE, S. & STEIN, W. H. — Ann. N. Y. Acad. Sci., 1948, 49, 265.
84. NEWMARK, P. & FRASER, D. — J. Amer. Chem. Soc., 1956, 78, 1588.
85. NIKKILA, E., HAAHTI, E. & PAISOLA, R. — Acta Chem. Scand., 1953, 7, 1222.
86. PAECH, K. & TRACEY, M. V. — *Moderne Methoden der Pflanzenanalyse.* Volume IV — Springer-Verlag, Berlin, 1955.
87. RAGETLI, H. W. J., van der SCHEER, C., van der WANT, J. P. H. — T. Pl. ziekten, 1955, 61, 35.
88. RAGETLI, H. W. J., & van der WANT, J. P. H. — Proc. Kon. Ned. Ak. v. Wet., Ser. C, 1954, 57, 621.
89. RANJAN, S., GOVINDJEE, F. N. I. & LALORAYA, M. M. — Proc. Natl. Inst. Sci. India, 1955, 21B, 42.
90. REINDEL, F. & BIENENFELD, W. — Hoppe-Seyler's Z. physiol. Chem., 1956, 303, 262.
91. RENARD, M. & CASIMIR, J. — Mushroom Science, 1953, II, 39.
92. RILEY, V. — J. Natl. Canc. Inst., 1950, 11, 215.
93. RILEY, V. T. — Science, 1948, 107, 573.

94. Rondelet, J. & Lontie, R. — European Brewery Convention, Proc. of the Congress, Nice, 1953.
95. Rutter, L. — Nature, 1949, 163, 487.
96. Sawai, Y., Tanaka, H., Makino, M. & Kikuchi, K. — Japan J. Bacteriol., 1954, 9, 509.
97. Schonfeld, T. & Broda, E. — Mikrochem. ver. Mikrochim. Acta, 1951, 36/37, 537.
98. Schramm, G., Schumacher, G. & Zillig W. — Nature, 1955, 175, 549.
99. Shainoff, J. R. & Lauffer, M. A. — Arch. Biochem. and Biophys., 1956, 64, 315.
100. Shepard, C. C. & Tiselius, A. — Discuss. Faraday Soc., 1949, 7, 275.
101. Siegel, A. & Cohen, M. — Phytopathology, 1952, 42, 519.
102. Siegel, A. & Wildman, S. G. — Phytopathology, 1954, 44, 277.
103. Sinclair, J. B., Geil, P. H. & Kaesberg, P. — Phytopathology, 1957, 47, 372.
104. Singer, S. J., Bald, J. G., Wildman, S. G. & Owen, R. D. — Science, 1951, 114, 463.
105. Smith, J. D. & Markham, R. — Biochem. J., 1950, 46, 509.
106. Sober, H. A., Kegeles, G. & Gutter, F. J. — Science, 1949, 110, 564.
107. Sommereyns, G. — Parasitica, 1957, XIII, 39.
108. Sommereyns, G. — Parasitica, 1957, XIII, 94.
109. Sprau, F. — IV. Internationaler Pflanzenschutz-Kongress 1957, Hamburg, Sektion IV, 19, 43.
110. Stanley, W. M. — Science, 1935, 81, 644.
111. Strain, H. H. — Ind. Eng. Chem. Anal. Ed., 1946, 18, 605.
112. Svensson, H. & Brattsten, I. — Arkiv Kemi, 1949, I, 401.
113. Svensson, H., Forsberg, R. & Lindström, L. A. — Acta Chemica Scandinavia, 1953, 7, 159.
114. Swingle, S. M. & Tiselius, A. — Biochem. J., 1951, 48, 171.
115. Synge, R. L. M. — Biochem. J., 1944, 38, 285.
116. Tagaya, I. — Boll. Ist. Sierotap. Milan, 1955, 34, 368.
117. Takahashi, W. M. & Ishii, M. — Amer. J. Bot., 1953, 40, 85.
118. Tiselius, A. — *The moving boundary method of studying the electrophoresis of proteins*. Uppsala 1930. Inaugural Dissertation. Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis, ser. IV, vol. 7, nº 4. Almqvist & Wiksells Boktryckeri -A. -B.
119. Tiselius, A. — Trans. Faraday Soc., 1937, 33, 524.
120. Tiselius, A. — Arkiv Kemi, Mineral. Geol., 1948, 26B, nº 1.
121. Tiselius, A. — Nobelvortrag, 1948. Naturwiss., 1950, 37, 25.
122. Tiselius, A. — Discuss. Faraday Soc., 1952, 13, 29.
123. Tiselius, A. — Arkiv för Kemi, 1954, 7, 448.
124. Tiselius, A. & Flodin, P. — Advances in Protein Chemistry, 1953, VIII, 461.
125. Tompkins, E. R., Khym, J. X. & Cohn, W. E. — J. Amer. Chem. Soc., 1947, 69, 2769.
126. Vandegaer, J., Preaux, G. & Lontie, R. — Arch. inter. de Physiol., 1954, LXII, 307.
127. van der Want, J. P. H. — Med. I. P. O., 1954, nr 85.

128. Van Kampen, E. J. & Zondag, H. A. — Chem. Weekblad, 1955, 51, 535.
129. Van Rysselberghe, C. & Jeener, R. — Bioch. Biophys. Acta, 1955, 17, 158.
130. Watanabe, I. & Nobuo, W. — Bull. chem. Soc. Japan, 1956, 29, 345.
131. Wiedemann, E. — Experientia, 1947, III, 341.
132. Wiedemann, E. — Chimia, 1948, 2, 25.
133. Wiedemann, E. — Scientia pharmaceutica, 1949, 17, 45.
134. Wiedemann, E. — Meded. van de vlaamse chem. Vereniging, 1953, 15.
135. Wiedemann, E. — Int. Arch. of Allergy and App. Immun., 1954, 5, 1.
136. Wieland, T. & Fischer, E. — Naturwiss., 1948, 35, 29.
137. Wieland, T., Schmeiser, K., Fischer, E. & Maier-Leibnitz, H. — Naturwiss., 1949, 36, 280.
138. Wildman, S. G., Cheo, C. C. & Bonner, J. — J. Biol. Chem., 1949, 180, 985.
139. Yamafuji, K., Nakashima, T. & Igaue, I. — J. Agr. Chem. Soc. Japan, 1953, 27, 105.
140. Zaitlin, M. — Bioch. Biophys. Acta, 1956, 20, 556.
141. Zeylstra, H. H. — T. Pl.ziekten, 1956, 62, 325.
142. *The nature of virus multiplication.* Second Symposium of the Soc. for gen. Microbiology. Cambridge, Univ. Press, 1953.

La sérologie dans l'identification des virus des plantes (*)

par

J. Tahon,
Laboratoire de Phytovirologie, Gembloux.

INTRODUCTION

Avant d'étudier le problème de l'identification des virus des plantes par voie sérologique, il me paraît essentiel de rappeler quelques données marquantes qui situeront la question dans son contexte et en feront ressortir toute l'importance.

La sérologie mise à part, nous ne disposons actuellement, pour l'identification des phytovirus, que d'une seule méthode d'utilisation courante : la méthode des hôtes différentiels. Elle consiste à inoculer un certain nombre de plantes d'espèces différentes qui réagissent par des symptômes caractéristiques et constants à l'infection d'un virus déterminé. Par le recoupement des indications fournies par les plantes différentielles, il est possible d'identifier le virus inoculé. Dans les cas douteux, mais uniquement pour les virus stables *in vitro*, on peut préciser le diagnostic par l'étude d'autres propriétés comme la température d'inactivation, les modes de transmission, etc...

Malheureusement, rares sont les symptômes spécifiques provoqués par les virus sur les plantes. Divers virus peuvent provoquer des symptômes très semblables sur une même plante différentielle. Par contre, des souches particulières d'un même virus provoquent souvent des symptômes totalement dissemblables. De nombreux autres facteurs interviennent encore pour compliquer le diagnostic comme la température et la luminosité, l'époque de l'essai et l'âge de la plante inoculée. Ces multiples inoculations nécessitent de grandes surfaces de serres spécialement conditionnées pour éviter les contaminations éventuelles et les résultats n'apparaissent qu'au bout de plusieurs semaines, parfois même, notamment pour les virus des plantes à bulbes et pour ceux des arbres fruitiers, pas avant l'année suivante.

Les autres techniques actuellement susceptibles de nous aider dans la détermination des viroses sont ou trop imprécises ou trop coûteuses ou trop compliquées à appliquer.

Seule la sérologie permet aujourd'hui des identifications simples, rapides et spécifiques d'un certain nombre de virus pour la détermination desquels les techniques sont actuellement bien mises au point.

(*) Étude subsidiée par l'I.R.S.I.A.

HISTORIQUE

A cause des grands services qui ont été rendus à la médecine par les vaccins et les sérums, le concept « sérologie » est souvent identifié chez les non-spécialistes à un concept de « thérapeutique ». Or, si la sérologie est utilisée aussi bien à l'identification qu'à la thérapeutique des maladies humaines, il n'en est malheureusement pas de même en phytopathologie. En effet, aucune formation d'anticorps n'a jamais pu être mise en évidence dans des organismes végétaux, ce qui exclut toute possibilité de guérison par injection de « vaccins » ou de « sérums ». Ce seront même des animaux qui, produisant les anticorps désirés, nous permettent de réaliser nos réactions d'identification.

C'est vers 1890 que les propriétés curatives de certains sérums envers des infections microbiennes sont découvertes.

Dès 1895, BORDET établit les bases de la théorie de l'immunité. On sait déjà alors (VON BEHRING et KILISATO 1890) que des animaux qui ont reçu des doses sub-léthales de toxines tétaniques et diphtériques ont la propriété de neutraliser ces mêmes toxines lors d'une infection ultérieure.

En 1896, GRUBER et DURHAM décrivent la réaction d'agglutination « *in vitro* » pour les bacilles du typhus. L'année suivante, KRAUS utilise la réaction de précipitation, très proche de la précédente, pour mettre en évidence les vibrions du choléra.

En fin du XIX[e] siècle donc, les bases des différentes réactions sérologiques sont établies. Les progrès sérologiques dans le domaine de la médecine sont dès lors très rapides.

Mais ce n'est qu'en 1927, et vraisemblablement même sans en saisir toute l'importance, que DVORAK observe, pour des jus de plantes virosées, des précipitations sérologiques plus intenses en présence de leur antisérum homologue. C'est à M[me] PURDY-BEALE que revient le mérite de montrer que les plantes virosées ont un noyau antigénique propre. En effet, ayant préparé des antisérums de tabacs sains et d'autres de tabacs infectés du virus de la mosaïque, elle pouvait observer des précipitations dans les deux séries d'expériences lorsque l'on y ajoutait du jus de tabac sain. Si l'on ajoutait ensuite du jus de tabac atteint de mosaïque, seuls les antisérums préparés avec les tabacs mosaïqués donnaient encore une précipitation. Si l'on ajoutait, après une première précipitation avec des tabacs sains, non le jus de tabacs virosés, mais le jus d'autres plantes infectées du même virus, tomate, pétunia, etc., la précipitation avait également lieu. La précipitation était donc bien due au virus. Des expériences ultérieures (PURDY-BEALE 1933-1934) prouvèrent qu'aucune précipitation spécifique ne se produisait lorsqu'à cet antisérum on ajoutait des jus infectés d'autres viroses.

M[me] PURDY-BEALE avait donc la preuve de l'existence d'un noyau antigénique commun, composé des protéines normales de la plante et d'un noyau antigénique propre, vraisemblablement dû au virus lui-même.

En 1930, MATSUMOTO et SOMAZAWA confirment ces expériences de précipitation, déterminent les limites de dilution de l'antisérum et du jus infectieux, et signalent la disparition de l'infectivité dans le liquide surnageant. Ceci amène MATSUMOTO et SOMAZAWA à affirmer l'identité du virus et de l'antigène.

La preuve de la spécificité des antigènes différents est complétée en 1933 par GRATIA qui, à l'aide de réactions croisées, montre que les différents virus précipitent uniquement en présence de l'antisérum qui a été préparé par injection de leur propre jus.

Les bases de l'identification sérologique des virus des plantes étaient dès lors posées. De très nombreux travaux ont alors permis d'étendre et de préciser ces notions et nous ont donné des méthodes d'identification rapides et sensibles applicables à de nombreux virus. Toutes ces méthodes font appel à la réaction de base suivante : si l'on injecte à un animal des substances étrangères, une « réponse » à cette injection est l'apparition dans le volume sanguin d'une certaine quantité de protéines qui ont la propriété de se combiner spécifiquement à la substance introduite. Cette réaction se produit « *in vivo* » et représente un moyen de lutte de l'organisme contre l'attaque étrangère. « *In vitro* », la réaction se produit également et permet la détermination de la présence de l'agent pathogène.

Les protéines produites dans le sang de l'animal qui a reçu les injections sont appelées « anticorps ».

Les substances introduites par injection dans l'organisme animal reçoivent le nom d'« antigènes ». Leurs deux propriétés fondamentales sont : stimuler la formation d'anticorps et réagir spécifiquement avec eux.

On appelle « sérum normal » le sérum d'un animal qui n'a pas subi d'injections, tandis qu'un sérum contenant des anticorps est appelé « antisérum ». L'antisérum préparé par injection d'un antigène donné est dit « antisérum homologue » envers cet antigène et « antisérum hétérologue » envers tous les autres antigènes.

MÉTHODES D'IDENTIFICATION PAR SÉROLOGIE.

Quatre grands groupes de méthodes d'identification sont à retenir :

1. la réaction de précipitation,
2. la fixation du complément,
3. l'anaphylaxie,
4. la neutralisation du pouvoir infectieux.

1. — *La réaction de précipitation.*

La réaction de précipitation, de loin la plus utilisée des propriétés antigéniques, a donné naissance à de nombreuses méthodes d'investigation. Décrivons ici le test en tube pour en illustrer le principe de base.

Nous aborderons plus loin les autres méthodes.

Dans des tubes à essai très étroits, on mélange en proportions déterminées du jus virosé centrifugé et son antisérum supposé. On effectue des essais de contrôle en réalisant les mélanges jus de plantes saines et antisérum ainsi que jus virosé et sérum normal puis jus sain et sérum normal. Tous ces tubes sont placés jusqu'à mi-hauteur dans un bain-marie à 37° C et la formation des précipités est observée régulièrement pendant une heure. Le précipité est spécifique s'il se produit dans la série jus virosé-antisérum à l'exclusion des trois séries de contrôle. Il est nécessaire d'utiliser des concentrations variées en antigène et anticorps, car des inhibitions de précipitation peuvent être provoquées aussi bien par un excès d'anticorps que par excès d'antigène. La spécificité de la précipitation peut être très bien montrée au microscope électronique, lorsque dans une solution contenant deux virus de formes différentes (par exemple le virus de la mosaïque du tabac qui se présente en bâtonnets et le virus de la mosaïque jaune de la tulipe consistant en particules sphériques), on ne provoque, par addition d'un antisérum, que la précipitation d'un seul virus.

2. — *La fixation du complément.*

La fixation du complément consiste en une double réaction sérologique ; la deuxième n'étant qu'une réaction indicatrice dépendant de la première.

Le complément, partie thermolabile et non spécifique du sérum de certains animaux, est une substance qui a la propriété de se combiner avec le complexe antigène-anticorps. Par ailleurs, le complément est nécessaire à la réaction d'hémolyse dans laquelle du sérum de lapin qui a reçu des injections de globules rouges de mouton, fait éclater des globules rouges de sang frais de mouton.

Supposons un virus dans une réaction avec son antisérum. L'addition d'une quantité donnée de complément fournira le complexe final : antigène-anticorps-complément. Le complément aura alors disparu comme constituant libre. Au mélange obtenu, ajoutons maintenant le sérum de lapin sensibilisé, puis les globules rouges de mouton.

La deuxième réaction, la réaction indicatrice, n'aura donc plus lieu puisque l'hémolyse du sang de mouton par le sérum de lapin ne peut pas se produire en l'absence de complément. Le liquide obtenu restera donc d'un rouge trouble. Des réactions de contrôle sont également à effectuer car parfois des réactions non spécifiques peuvent inhiber également l'hémolyse.

Dans les conditions favorables, la réaction peut être extrêmement précise. Chester en 1937 a pu obtenir des réactions positives avec des jus infectés de mosaïque du tabac portés à une dilution de 1/2.500.000.

3. — *L'anaphylaxie.*

L'anaphylaxie utilise la réaction même de défense de l'animal. On fait subir à certains animaux, tels les cochons d'Inde, un choc anaphylactique en leur introduisant parentéralement un antigène avec lequel ils avaient été sensibilisés par une injection préalable. Le premier effet observable est une diminution de

température, suivie de convulsions puis de la mort. Le gros inconvénient de la méthode est évidemment la perte de l'animal après un seul test positif.

« *In vitro* », certains organes d'animaux sensibilisés au préalable pour un antigène, notamment les cornes utérines de cochons d'Inde, réagissent par de fortes contractions à la présence dans la solution de traces du même antigène. Malheureusement, ici aussi, le phénomène n'a lieu qu'une seule fois par antigène. Toute introduction ultérieure n'apporte plus de réaction.

4. — *La neutralisation du pouvoir infectieux.*

On peut constater la *neutralisation du pouvoir infectieux* d'un virus, lorsqu'après avoir mêlé un jus virosé avec son sérum homologue, on inocule à des plantes-tests le mélange obtenu. Ces plantes, en effet, n'extériorisent plus les symptômes provoqués par le virus. Il est aussi impossible ensuite de remettre le virus en évidence dans la plante inoculée, ce qui exclut la possibilité de latence du virus dans la plante.

Malheureusement, l'infectivité décroît également, quoique dans des proportions beaucoup moindres, quand le jus virosé est mis en présence d'un antisérum hétérologue ou même de sérum normal.

Comme les conditions d'inoculation et de milieu de culture influencent grandement la réussite des infections, l'interprétation des résultats est toujours délicate.

Par la digestion pepsinique qui hydrolyse les protéines des anticorps, on peut séparer une certaine quantité de virus du complexe antigène-anticorps et réaugmenter ainsi l'infectivité. Il semble donc que la particule-virus ne soit pas détruite lors de la formation du complexe. Grâce à cette propriété, nous pourrons extraire certains virus d'un précipité et, après l'hydrolyse, en étudier certaines propriétés.

En phytovirologie, l'anaphylaxie et la neutralisation d'infectivité connaissent peu d'applications. La fixation du complément, quoique parfois la méthode la plus précise, n'a jusqu'ici été que peu employée, à cause surtout de sa complexité. De loin la plus utilisée, la réaction de précipitation a permis, grâce à de nombreuses variantes, d'étendre très loin les possibilités d'application de la sérologie.

Les réactions de précipitation.

On peut diviser les diverses techniques basées sur la précipitation de l'antigène en présence de son anticorps en deux grands groupes :

a) Les techniques courantes utilisées en laboratoire de contrôle.
b) Les techniques adaptées à des recherches plus spéciales.

Parmi les techniques de contrôle, nous comptons :

— le test en tube,
— le test en anneau,

— la précipitation et l'agglutination sur lamelle,
— la microprécipitation et la microagglutination.

Le test en tube a été exposé précédemment comme illustration de la réaction de précipitation. C'est un test précis et relativement simple. Il se prête cependant peu à des contrôles de grandes séries à cause de l'incubation prolongée nécessaire et de l'encombrement provoqué. Aussi ce test n'est-il plus employé que dans des études de concentration de virus dans différents jus virosés.

Le test en anneau se réalise dans un tube étroit. A une quantité donnée d'antisérum concentré, on ajoute très délicatement la même quantité de jus virosé clarifié par centrifugation à vitesse modérée (10' à 3.000 t/m). Les deux liquides ne doivent pas se mélanger. Par diffusion, l'antigène pénètrera dans l'antisérum tandis que les anticorps se répandront dans le jus. Quelles que soient les concentrations en antigène et anticorps, il y aura apparition d'un précipité à l'endroit où les proportions optimales seront d'abord atteintes. Ce précipité, formé en anneau tout en périphérie du tube, a donné son nom à la méthode.

La méthode est assez peu précise ; elle n'est pas quantitative et l'anneau obtenu est très instable, la moindre agitation suffisant à le faire disparaître. Cette méthode sert surtout à tester les antisérums avant leur emploi.

Les tests de contrôle, effectués sur de grandes séries de plantes, nécessitent des méthodes rapides et l'utilisation aussi parcimonieuse que possible des antisérums disponibles. *La précipitation sur lamelle* répond très bien à ces exigences. Les organes des plantes renfermant le virus sont écrasés dans une pince de façon à extraire quelques gouttes de jus que l'on soumet à centrifugation lente (3.000 t/m pendant 10'). On ajoute un peu d'électrolyte pour favoriser la précipitation des substances figurées et ioniser le jus. On mélange ensuite sur une lame de microscope une goutte de jus clarifié avec une goutte d'antisérum. On réalise l'examen à faible grossissement (50 à 60 fois) sur fond noir. Les précipités ont l'aspect de nuages blancs floconneux. On effectue des réactions de contrôle pour détecter les précipitations non spécifiques.

Lorsque la concentration en virus dans la plante est suffisamment forte, un test plus aisément réalisable encore est l'*agglutination sur lamelle*. Les jus sont extraits de la même façon et déposés directement sur la lame sans être centrifugés. On ajoute le sérum. Les réactions positives sont caractérisées par une agglutination des chloroplastes et des débris cellulaires qui se trouvent dans le jus. L'usage du fond noir est inutile. Malheureusement, la réaction est moins sensible que la précédente.

Récemment, ces deux dernières méthodes ont encore été améliorées par la mise au point en Hollande de la *microprécipitation* et de la *microagglutination*. Après avoir recouvert le fond d'une boîte de Pétri parfaitement plate d'une mince couche de produit hydrofuge, on introduit avec des micropipettes de très fines gouttes de l'antigène (clarifié pour la microprécipitation, non clarifié pour la microagglutination) puis de l'antisérum. Lorsque le mélange est réalisé, on le recouvre d'une couche de paraffine liquide qui évite l'évaporation,

atténue les floculations spontanées et permet ainsi les observations 24 heures encore après la réalisation du mélange. Quarante à soixante tests peuvent être effectués dans une seule boîte de Pétri et les économies d'antisérum sont très grandes.

Voyons maintenant les techniques plus spéciales :

— Précipitation après diffusion dans un gel d'agar (en tube à essai ou en boîte de Pétri),

— le test-miroir,

— l'immunoélectrophorèse,

— (...) à partir de fractions séparées par électrophorèse libre précipitation, fixation du complément ou précipitation dans un gel d'agar.

Deux techniques du test de précipitation après diffusion des constituants dans un milieu d'agar sont utilisées.

Ou bien l'on travaille dans des tubes à essai, ou bien l'on réalise la précipitation dans des boîtes de Pétri. Dans les deux cas, on se sert d'agar à 1 % dans une solution physiologique.

Dans la technique en tube, on introduit d'abord 1 cc d'antisérum dilué au 1/10 dans la gélose liquéfiée à 42° C. Après solidification, on verse 1 cc de solution d'agar seule. Après nouvelle solidification, on ajoute 1 cc d'antigène également dilué au 1/10 dans un milieu gélosé.

Dans la technique en boîte de Pétri, on forme une couche de 1/2 cm d'agar. On découpe de petits trous dans la couche gélosée pour y verser les différentes solutions d'antigènes et d'antisérums, toutes diluées dans l'agar. Pour liquéfier ces solutions, il suffit de les porter à la température de 42° C.

Les antigènes et les anticorps diffusent dans l'agar en fonction de leur concentration et de leur mobilité. On obtient la précipitation au lieu des points où les deux conditions suivantes sont réunies : 1) le rapport des concentrations antigène-anticorps est dans les limites où la précipitation peut avoir lieu ;
2) La concentration des deux constituants est suffisante pour que le précipité se forme.

Les lignes de précipités ne commencent à apparaître généralement qu'après un jour, mais les observations peuvent se poursuivre pendant un mois. Plusieurs lignes de précipités peuvent se former entre un antisérum et un jus. Deux explications sont possibles à la formation de ces différentes lignes :

1) Il y a différents antigènes réagissant avec leurs anticorps en des endroits spécifiques ;

2) un même antigène peut se présenter sous différentes propriétés physiques (taille de la particule, vitesse de diffusion, solubilité).

L'interprétation de la localisation de ces lignes est importante. Quand, dans des essais où plusieurs antigènes et antisérums sont mis en présence, deux lignes se coupent, la conclusion est certaine : il s'agit de constituants antigéniques différents. Si deux lignes se fondent en une seule à leur point de

rencontre, on peut au contraire conclure à l'homogénéité de leurs constituants. De deux lignes qui n'ont pas au moins un point commun, on ne peut pas tirer de conclusion.

L'intérêt de la méthode réside dans l'apparition de lignes spécifiques pour les jus virosés. En effet, dans le test en tube, lorsque le précipité se produit, il est impossible de déterminer s'il résulte d'une seule réaction ou de plusieurs réactions concomitantes. Un précipité spécifique peu volumineux peut être ainsi camouflé par une floculation abondante. Ici, au contraire, un précipité spécifique se forme dans une zone qui lui est propre. Ainsi, on peut identifier un virus malgré la présence de précipités dus à des protéines normales de plantes ou même mettre en évidence un virus dans un complexe de virus.

Le *test-miroir*, mis au point pour l'étude des relations antigéniques des virus entre eux, utilise la technique du test en tube de façon très ingénieuse. On prépare deux séries d'antisérums avec deux antigènes supposés différents. Chaque antisérum est mis alors en présence de l'antigène hétérologue jusqu'à ce qu'il ne se produise plus de réactions entre eux. On centrifuge le précipité obtenu.

L'addition d'antigène homologue ne peut plus ensuite, dans le cas d'identité des deux virus, provoquer aucune réaction dans les deux liquides surnageants. L'apparition d'un précipité annonce l'hétérogénéité antigénique des deux virus, hétérogénéité d'autant plus grande que le précipité est plus volumineux. Grâce à cette méthode miroir, des virus aussi éloignés, semblait-il, que le virus du glaïeul et le virus 2 du haricot ont montré de fortes analogies qu'on n'aurait point pensé leur attribuer auparavant. La méthode est très utile également pour différencier les variantes d'un même virus. Un précipité apparaît dans ce cas, d'abord avec le sérum hétérologue, une seconde précipitation ayant encore lieu ensuite avec le sérum homologue.

Pour la détermination des fractions antigéniques d'un jus virosé, on commence à utiliser la méthode d'*immunoélectrophorèse* dans laquelle on fait l'étude sérologique des diverses fractions d'un liquide après que ces fractions aient, sous l'action d'un courant électrique, migré à travers une couche gélosée.

Après avoir formé, sur une plaque de verre, une couche d'agar bien plane de 1/2 cm environ, on découpe des sections centrales dans la gélose. On verse dans celles-ci les différents jus gélifiés à étudier. On plonge ensuite les bords de la plaque dans un mélange tampon de véronal à *p*H 8 environ. On met aux bornes avec une différence de tension de 5 à 6 volts par cm de largeur de plaque plongeant dans le tampon. L'intensité de courant, qui est variable suivant la longueur de la plaque, doit être la plus grande possible pour que le temps d'électrophorèse ne se prolonge pas outre mesure, ce qui amènerait des interférences dues à la diffusion des antigènes. La plaque ne peut toutefois pas s'échauffer par passage de courant, car cela pourrait occasionner la destruction de certaines substances sensibles à la chaleur. Au bout de deux heures maximum, on arrête l'électrophorèse. On remplit alors d'antisérum les canaux transversaux creusés parallèlement au déplacement des différents constituants sur la plaque, et l'on attend au moins une journée l'apparition des précipita-

tions. La spécificité, le volume et la localisation des précipités nous renseignent sur les qualités antigéniques des jus étudiés.

Les méthodes d'*électrophorèse libre* prennent également actuellement une grande importance comme méthodes fondamentales de séparation pour l'étude sérologique des fractions antigéniques des virus. En effet, le concept classique présente le complexe-virus comme un ruban d'acides nucléiques qu'entoure une gaine de protéines à chaînes spécifiques. Les acides nucléiques auraient une fonction fondamentale de reproduction du virus avec ses propriétés essentielles, tandis que la partie protéique serait responsable du comportement physique et chimique externe de l'organisme.

Il ne faudrait pas cependant négliger la possibilité d'existence de virus dépourvus de gaine protéique et constitués uniquement d'acides nucléiques. Or, l'étude sérologique séparée de ces deux fractions a nettement montré l'absence de précipité pour la réaction acide nucléique-antisérum tandis que la réaction protéine-antisérum fournissait un précipité presque aussi abondant que le précipité provoqué par le virus dans son intégrité.

Il nous semble donc compréhensible que, si des virus exclusivement composés d'acides nucléiques existent, ils aient toujours échappé à l'investigation et notamment à l'investigation sérologique. L'absence de fraction protéique ne serait-elle pas la raison des échecs répétés subis dans les tentatives d'obtention de réactions sérologiques pour certains virus ?

Limitations de la méthode.

La liste publiée par MATTHEWS en 1957 nous signale plus de 80 virus et variantes de virus identifiables par sérologie, classés en 32 groupes selon leurs relations antigéniques.

Des résultats n'ont cependant pas été obtenus avec tous les virus pour lesquels des expériences ont été entreprises. CHESTER, en 1937, remarquait que les échecs les plus fréquents étaient enregistrés pour des virus instables *in vitro*, non transmissibles mécaniquement, très sensibles à la température et non systémiques dans la plante.

C'est ainsi qu'on n'est point encore parvenu à produire des antisérums de virus aussi importants que la mosaïque de la betterave ou l'enroulement de la pomme de terre.

Les toxines de certaines plantes-hôtes rendent parfois les jus virosés impropres à la préparation des antisérums, les lapins subissant très défavorablement un choc anaphylactique à ces substances.

La grande abondance de tannins présente dans les plantes de la famille des Solanacées rend ainsi leurs jus peu aptes à produire de bons antisérums. On peut éventuellement se débarrasser d'une partie de ces substances toxiques en dialysant les jus pendant plusieurs heures en présence d'eau physiologique.

Autre inconvénient majeur : les protéines normales de la plante. Celles-ci induisent la production d'anticorps, anti-protéines normales qui précipitent

donc les jus de plantes saines. On peut surmonter cet inconvénient en saturant l'antisérum par du jus de plantes saines et en éliminant le précipité par centrifugation à faible vitesse. On peut aussi diminuer l'action des protéines normales en préparant l'antisérum de virus extrait d'une plante d'une espèce différente de celle des plantes à tester. Le cas est valable notamment pour l'identification des virus X et Y de la pomme de terre dont on prépare les antisérums à partir de tabacs virosés.

On peut aussi congeler les feuilles avant d'en extraire le jus, ce qui évite d'y entraîner les protéines coagulées dans les cellules. On peut enfin lorsque les précipitations anormales sont assez fréquentes, chauffer le jus avant centrifugation, comme le préconise le Dr Roland, de façon à hâter et améliorer la clarification. Il faut cependant éviter de chauffer à température trop élevée, car on pourrait détruire le virus recherché et empêcher ainsi la précipitation.

On ajoute parfois avec succès, après broyage des plantes, des substances réductrices tel le sulfite de sodium. Ces substances contrecarrent l'action inhibitrice de matériaux oxydants contenus dans les débris cellulaires et favorisent l'obtention de bons antisérums. On peut encore plonger les feuilles dans un mélange tamponné à un *p*H favorable à la stabilité du virus et les écraser ainsi sans destruction du virus.

Il est également intéressant d'augmenter la concentration en virus lorsque celle-ci est trop faible. Certains virus sont suffisamment stables pour subir des traitements comme la précipitation en milieu salin suivie d'une dialyse. Une méthode plus douce est la concentration par ultracentrifugation.

Voici la liste des virus qui ont été identifiés en Belgique et pour lesquels la sérologie est applicable. Cette liste a été établie par le Dr Roland et fait partie d'une communication qu'il a présentée à l'A.E.R.Z.A.P. le mercredi 11 6 58.

Virus	Plantes-hotes
Jaunisse de la betterave *(Beta virus* **4***)*	Chénopodiacées, etc...
Mosaïque de la féverole	Légumineuses
Mosaïque du navet *(Beta virus* **1***)*	12 familles au moins
X *(Solanum virus* **1***)*	Solanacées, etc
Y (» » **2**)	»
A (» » **3**)	»
S	»
F (» » **8**)	»
Mosaïque du tabac *(Nicotiana virus* **1***)*	Plus de vingt familles
Nécrose du tabac (» » **11**)	Solanacées, etc
Mosaïque du concombre *(Cucumis virus* **1***)*	Plus de trente familles
Mosaïque du haricot *(Phaseolus virus* **1***)*	Légumineuses
Rosette de la tomate *(Lycopersicum virus* **5***)*	24 familles au moins
Déformation florale du chrysanthème *(Cucumis virus* **1**, *var. Chr.)*	Composées, Solanacées, Ombellifères
Mosaïque du dahlia *(Dahlia virus* **1***)*	Composées

CONCLUSIONS

La sérologie est devenue indispensable aussi bien à l'identification facile et précise des virus dans des essais de grandes séries de plantes qu'à l'étude fondamentale des propriétés des virus.

Cependant, dans bien des cas, les plantes différentielles des virus nous fournissent des réponses précises sur la présence d'un virus plusieurs jours avant que les techniques sérologiques actuelles ne soient applicables à ces plantes. Aussi avons-nous à préciser et à affiner nos tests sérologiques pour que ceux-ci deviennent tellement nets que nous ne soyons plus obligés d'utiliser les plantes différentielles.

Pour l'utilisation rationnelle des sérums dans la pratique agricole, de grandes améliorations sont à apporter. Il faut qu'un Institut central organise la préparation et la livraison d'antisérums, réalisés avec le plus grand soin. Ces antisérums doivent être livrés accompagnés d'un mode d'emploi dont l'application sera si simple que chacun pourra réaliser soi-même sur place avec un maximum de sécurité les identifications des virus dont ses cultures ont à souffrir. Car si l'on arrive un jour à obtenir des résultats dans la lutte au champ contre les phytovirus, l'identification sur place sera indispensable. Dès à présent, nous devons essayer d'y être prêts.

BIBLIOGRAPHIE

AUGIER DE MONTGREMIER, H. — *La conservation des sérums.* — Publ. de la Fédér. nat. Producteurs Plants P. de T., Paris, 1952.

BAWDEN, F. C. — *Plant Viruses and Virus Diseases.* Waltham, Mass. : Chronica Botanica Co, 1950, 332 pp.

BAWDEN, F. C. et KLECZKOWSKI, A. — *An electrophoretic study of sap from uninfected and virus-infected tobacco plants.* — Virology, 1957, 4, p. 26.

BEALE, H. Purdy. — *Immunologic reactions with tobacco mosaic virus.* Proc. Soc. Exp. Biol., N. Y., 1928, 25, p. 702.

BEALE, H. Purdy — *Immunologic reactions with tobacco mosaic virus.* J. Exp. Med., 1929, 49, p. 919.

BEALE, H. Purdy. — *Specificity of the precipitin reaction in tobacco mosaic disease.* Contr. Boyce Thompson Inst., 1931, 3, p. 529.

BEEMSTER, A. B. R. — *Experiments on the serological diagnosis of the potato leaf roll virus.* Proc. of the Sec. Conf. on Potato Virus Dis., Lisse-Wageningen, 1954, novembre 1955, nº 104, p. 43.

CHESTER, K. S. — *A critique of plant serology.* Quarterly Review of Biology, 1937.

CORNUET, P. — *Méthodes utilisables pour le choix des têtes de famille.* Publ.Fédér. nat. Product. Plants P. d. T., Paris, 1955.

DVORAK, M. — *The effect of mosaic on the globulin of Potato.* Journ. Infect. Dis., 1927, XLI, p. 215.

GRATIA, A. — *Pluralité antigénique et identification sérologique des virus des plantes.* C. R. Soc. Biol., Paris, 1933, 114, p. 923.

GRATIA, A. — *Qualité antigénique des virus de plantes et des bactériophages.* C. R. Soc. Biol., Paris, 1933, 114, p. 1382.

GRATIA, A. et MANIL, P. — *Recherches sur les virus des plantes.* Arch. f. d. gesamte Virusforschung, 1939, 1, p. 21.

JEENER, R., LEMOINE P. et LAVAND'HOMME, C. — *Détection et propriétés de formes du virus de la mosaïque du tabac dépourvues d'acide ribonucléique et non infectieuses.* Bioch. biophys. Acta, 1954, 14, p. 321.

KLECZKOWSKI, A. — *Quantitative studies on the serological reactions of some plant viruses and a pea nodule bacterium* (*Rhizobium leguminosarum*). Brit. J. Exp. Path., 1941, 22, p. 44.

KLECZKOWSKI, A. — *The formation of protein complexes in untreated solutions of rabbit serum proteins.* Brit. J. Exp. Path., 1941, 22, p. 188.

KLECZKOWSKI, A. — *Effect of heat on flocculating antibodies of rabbit antisera.* Brit. J. Exp. Path., 1941, 22, p. 192.

KLECZKOWSKI, A. et WATSON, M. A. — *Serological studies on sugar beet yellows virus.* Ann. Appl. Biol., 1944, 31, p. 116.

KLECZKOWSKI, A. — *A preliminary study of tobacco mosaic virus by the gel diffusion precipitin tests.* Journ. of Gen. Microbiol., 1957, 16, p. 405.

KLECZKOWSKI, A. — *An electrophoretic study of the mechanism of precipitin reactions.* Immunology, 1958, 1, p. 36.

KRISTENSEN, H. R. — *Potato virus X, serological investigations and other diagnostic methods.* Proc. of the Sec. Conf. on Potato Virus Dis. ; Lisse-Wageningen 1954, novembre 1955, n° 104, p. 26.

LIMASSET, P., CORNUET, P. et MARTIN, C. — *Pathologie végétale : Extraction du virus de la mosaïque du dahlia* (*Marmor dahliae* Holmes) *à partir de dahlias infectés et obtention de son antisérum.* C. R. Séances Acad. Sci., octobre 1950.

LIMASSET, P. — *Le diagnostic sérologique des maladies à virus de la pomme de terre.* — Publ. Fédér. Nat. Producteurs Plants P. d. T., Paris, 1952.

LIMASSET, P. — *L'identification sérologique des virus des plantes.* Rev. Path. Gén. et Comp., 1955, n° 667, p. 609.

MARRACK, J. R. — *The chemistry of antigens and antibodies.* Spec. Ser. Rep. Med. Res. Counc., Lond., 1938, n° 230.

MARTIN, C. — *Préparation du virus et inoculation au lapin.* Publ. Fédér. Nat. Producteurs Plants P. d. T., Paris, 1952.

MATSUMOTO, T. — *Antigenic properties of tobacco mosaic juice.* J. Soc. Crop. Agric., Taiwan, 1930, l, p. 291.

MATTHEWS, R. E. F. — *Plant virus serology.* University Press, Cambridge, 1957,

OUCHTERLONY, O. — *Antigen-antibody reactions in gels.* Ark. Kemi Min. Geol. 1949, 26B, 14.

ROLAND, G. — *Sur une microméthode sérologique pour l'étude des viroses végétales.* Parasitica, 1945, 1, p. 106.

SMITH, K. M. — *A textbook of plant virus diseases.* J. and A. Churchill Ltd., London, 1937, p. 341.

VAN SLOGTEREN, D. H. M. — *Gel diffusion of tobacco mosaic virus, demonstrated by serological analysis of its components and by electron-microscopy.* Acta Bot. Neerl., 1955, 4, p. 472.

VAN SLOGTEREN, D. H. M. — *Preparation of antisera against potato virus S, with special reference to the preparation of non-toxic virus suspensions for the immunization of rabbits from extracts of infected potato plants*. Proc. of the Conf. on Potato Virus Dis., Lisse-Wageningen, 1954, novembre 1955, n° 104, p. 35.

VAN SLOGTEREN, D. H. M. — *Serological micro-reactions with plant viruses under paraffin oil*. Proc. of the Conf. on Potato Virus Dis., Lisse-WAGENINGEN, 1954, novembre 1955, p. 51.

VAN SLOGTEREN, D. H. M. — *Serological analysis of some plant viruses with the gel diffusion method*. Proc. of the Conf. on Potato Virus Dis., Lisse-Wageningen 1954, novembre 1955, p. 45.

VAN SLOGTEREN, E. — *De betekenis van de serologie voor het virusonderzoek*. Tijdschrift o. PlZkten, 1943, 49.

VAN SLOGTEREN, E. — *De herkenning van virus-ziekten der aardappelen langs serologische weg*. — Lab. Bloembollenonderz., Lisse, 1944, nr 76.

VAN SLOGTEREN, E. — *Serologische diagnostiek van virus-ziekten van land-en tuinbouwgewassen*. Landbouwkundig Tijdschrift, 1946.

VAN SLOGTEREN, E. — *Serologie ten dienste van het virus-onderzoek by planten*. Mededl. Dir. van de Tuinb., 1950, 13.

VAN SLOGTEREN, E. — *The serological diagnosis of plant diseases caused by viruses*. Report of the 13th International Horticultural Congress, 1952.

VAN SLOGTEREN, E. — *Serological diagnosis of plant virus diseases*. Ann. Appl. Biol., 1955, 42, p. 122.

Quelques tendances actuelles de la virologie végétale (*)

par

J. Semal,
Assistant au Laboratoire de Pathologie Végétale,
Institut Agronomique, Gembloux.

En phytopathologie comme en zoopathologie, les maladies à virus ont pris au cours de ces dernières années une importance croissante.

Ce phénomène est dû notamment au fait qu'il est difficile de les combattre par des moyens « viricides », étant donné que les virus s'intègrent complètement au métabolisme des cellules qu'ils parasitent. Songeons, par exemple, qu'une maladie aussi importante pour l'agriculture que la jaunisse de la betterave ne peut encore être combattue efficacement.

En fait, il faudrait amener le végétal à assurer lui-même sa défense et, pour cela, il est nécessaire de connaître plus intimement les relations qui existent entre le virus, les cellules végétales qu'il parasite, et les vecteurs qui assurent sa diffusion.

Dans cette perspective, nous voudrions tenter de tirer de certains travaux récents des données intéressantes pour l'orientation de la méthodologie des recherches en virologie végétale.

On sait depuis longtemps que les virus de plantes constituent un matériel infectieux doué de propriétés dynamiques. Certaines variantes d'un même virus peuvent coexister, puis être sélectionnées sous l'influence de facteurs du milieu qui modifient leur vitesse de multiplication. D'autre part, certaines propriétés d'un virus déterminé peuvent être modifiées de façon plus ou moins réversibles par les conditions du milieu (température, plante-hôte). Enfin, il n'est pas exclu que des formes nouvelles puissent apparaître sous l'influence d'agents mutagènes capables d'altérer le potentiel héréditaire des particules-virus. Des phénomènes analogues se produisent pour d'autres parasites obligatoires à multiplication rapide, tels par exemple les champignons causant les rouilles des céréales.

Dans le passé, beaucoup de travaux de virologie n'ont pas accordé une importance suffisante à l'instabilité des virus et à l'influence des facteurs du milieu sur leurs propriétés. C'est pourquoi nous voudrions passer en revue quelques exemples où ces phénomènes s'expriment de façon frappante.

(*) Communication présentée, en l'absence de l'auteur, par le Prof. R. Vanderwalle.

On sait que la plante-hôte peut influencer les propriétés de transmission d'un virus. Lors de la transmission par frottis de sève, cette action peut notamment être due à des différences de concentration du virus dans la plante-source, ou à la présence d'inhibiteur dans le jus à inoculer.

La transmission par insecte peut également être influencée par la nature des plantes-hôtes. Nous avons pu mettre en évidence (SEMAL, 1955) que *Myzus persicae*, qui est un des vecteurs les plus efficaces du virus de la mosaïque du concombre, ne transmettait pas un isolement de ce virus de dahlia à concombre alors qu'un autre vecteur généralement moins actif *(Myzus ascalonicus)* était capable d'effectuer cette transmission. Au contraire, dans des essais de ROLAND (1956), un autre isolement de ce virus a pu être transmis de concombre à chicorée par *M. persicae* et non par *M. ascalonicus ;* alors que les deux espèces de pucerons transmettaient le virus de chicorée à chicorée.

On connaît un cas très intéressant où les propriétés intrinsèques de transmission d'un même virus semblent se modifier selon le végétal dans lequel ce virus se développe. BAWDEN et SHEFFIELD (1944) ont étudié un virus proche du virus Y de la pomme de terre, mais qui s'en distinguait par des symptômes différents sur certaines variétés de pommes de terre, et par le fait qu'il n'était pas transmissible par pucerons. Ce virus a été maintenu pendant dix ans par inoculation mécanique sur tabac et *Nicotiana glutinosa.* En 1956, WATSON, étudiant ce même virus, constata qu'il était devenu transmissible par pucerons, mais qu'en général, il perdait à nouveau cette propriété si on l'inoculait à la variété de pomme de terre Majestic. Cet auteur retient l'hypothèse selon laquelle le passage dans des plantes-hôtes différentes provoque chez ce virus des modifications qualitatives qui affectent sa transmissibilité par pucerons.

Un autre phénomène intéressant concerne l'influence du mode d'inoculation d'un virus sur les propriétés de sa transmission. BLACK (1953) a pu montrer que deux isolements du virus de la jaunisse naine de la pomme de terre, multipliés par inoculation mécanique pendant plus de 10 ans, avaient perdu leur propriété d'être transmis par une ciccadelle, alors que des isolements récents effectués à partir de plantes infectées naturellement par le même virus étaient transmis dans 102 cas sur 433. D'après l'hypothèse émise par cet auteur, le virus aurait subi une mutation, et la forme mutante non transmissible par insecte et douée d'une vitesse de multiplication plus grande que la forme primitive, aurait finalement supplanté cette dernière.

Cette hypothèse expliquerait également pourquoi un virus comme celui du «paracrinkle» de la pomme de terre, qui est très proche d'autres virus, s'en distingue néanmoins par des propriétés différentes de transmission. Ces différentes formes dériveraient d'un virus transmissible par insecte, à partir duquel des variantes non transmissibles par pucerons se seraient différenciées dans des plantes à multiplication végétative (KASSANIS, 1956).

Au cours de travaux sur le virus de la mosaïque du concombre, nous avons pu mettre en évidence que la transmissibilité d'un isolement de ce virus par *Myzus persicae* diminuait avec le temps. Des observations analogues ont été

faites par HOLLINGS (1955) et BADAMI (1956) ce qui indique que le phénomène n'est pas exceptionnel et peut compliquer singulièrement certains travaux d'identification.

Le cas des virus du groupe « ring-spot » du tabac mérite également de retenir l'attention. Il s'agit d'un ensemble de virus relativement homogène quant aux symptômes extériorisés sur les tabacs infectés, mais dont les autres propriétés sont assez variables.

Pendant 25 ans, on a isolé quantité de virus appartenant à ce groupe, mais aucun d'entre eux n'a pu être transmis par pucerons. Or, récemment, Mc WORTHER (1954) a montré qu'un isolement de ce virus était transmissible par *Myzus persicae*, à condition d'être accompagné du virus de la mosaïque proliférante du pois, mais qu'il n'était pas transmis à l'état pur. Prenant connaissance de ces résultats, SMITH et BRIERLEY (1955) signalèrent qu'ils avaient obtenu également queques transmissions par pucerons d'un tel virus de glaïeul à glaïeul, mais dans des conditions qui n'excluent pas absolument la présence du virus de la mosaïque jaune du haricot.

Récemment (SEMAL, 1958), nous avons isolé de *Begonia tuberhybrida* un virus du groupe « ring-spot » du tabac, qui est transmis très aisément par *Myzus persicae* de tabac à concombre.

L'absence de transmission aphidienne qui était considérée jusqu'à présent comme générale chez les virus du groupe « tobacco ring-spot » doit donc être abandonnée comme élément de caractérisation.

* * *

Dans un autre domaine, signalons également le travail de SOMMEREYNS (1957), qui a pu montrer que la réaction sérologique du jus de tabacs infectés par le virus Y de la pomme de terre était plus intense lorsque les plantes avaient été inoculées avec du jus infectieux chromatographié que lorsque l'inoculation avait été effectuée avec du jus brut.

* * *

Un autre aspect extrêmement important des relations hôte-parasite concerne l'influence de la plante-hôte sur la composition chimique et les propriétés des virus. BAWDEN (1956, 1957) a étudié deux virus proches du virus de la mosaïque du tabac, mais qui s'en différencient en causant une infection systémique chez le haricot. Lorsque ces virus se développent dans le tabac (forme « tabac »), ils présentent des caractéristiques symptomatologiques et sérologiques très proches de celles du virus de la mosaïque du tabac typique. Par contre, lorsque ces mêmes virus sont cultivés dans le haricot (forme « haricot »), leurs propriétés symptomatologiques, sérologiques et physico-chimiques subissent de profondes modifications.

La température peut avoir un rôle analogue : en effet, les virus étudiés ci-

dessus donnent naissance à la forme « tabac » dans le tabac cultivé à 20° C, et à la forme « haricot » dans le tabac cultivé à 37° C.

L'analyse de la fraction protéinique des formes « tabac » et « haricot » a montré que la seconde contenait un acide aminé (l'histidine) dont la première était dépourvue.

Ce fait est particulièrement significatif quand on sait que des différences qualitatives dans le spectre des acides aminés caractérisent en général des variantes différentes d'un même virus (KNIGHT, 1947-BEAUDART, 1956).

* * *

Pour terminer, nous voudrions évoquer deux travaux qui éclairent d'un jour nouveau les théories sur l'origine de certains virus.

Le fait que quelques virus de plantes se multiplient dans leur insecte vecteur au même titre que dans les tissus végétaux, et que la spécificité des relations entre ces virus et leur vecteur est beaucoup plus grande que celle qui les lie à leurs plantes-hôtes, a amené MARAMOROSCH (1954) à émettre l'hypothèse selon laquelle ils pourraient avoir été primitivement des virus d'insectes, et secondairement des virus de plantes.

D'autre part, DE MEESTER-MANGER CATS (1956) a mis en évidence que le virus de l'enroulement de la pomme de terre se trouvait à l'état latent chez une solanée sauvage, la douce-amère *Solanum dulcamara*, chez qui il est transmis par la graine. Toutes les plantes de cette espèce qui ont été expérimentées ont été trouvées porteuses du virus, qui d'après l'auteur, pourrait être un élément constitutif normal de leurs cellules.

* * *

Nous voudrions conclure en attirant l'attention sur le fait que les considérations qui précèdent ont non seulement un grand intérêt pour la biologie générale, mais également une importance considérable en virologie appliquée à l'agriculture.

Dans cet ordre d'idées, il s'avère de plus en plus que les méthodes classiques de détermination et de classification des virus ne possèdent pas la valeur intrinsèque qu'on leur a attribuée, et qu'elles doivent être interprétées avec la plus grande prudence. Nous avons montré que les propriétés de transmission, qui sont un des critères essentiels pour l'identification des phytovirus, pouvaient subir des modifications importantes sous l'influence de divers facteurs. Il en est de même pour d'autres propriétés, et notamment pour la température d'inactivation qui, pour certains virus, peut varier considérablement avec la concentration.

Sans doute, une longue expérimentation analytique sera-t-elle encore nécessaire avant que l'on puisse donner une explication cohérente des faits que nous venons d'évoquer. Nous avons simplement voulu soulever ici quelques

idées qui montrent combien la virologie végétale est une science jeune qui exige du chercheur un sens aigu de la nature *dynamique* des phénomènes biologiques dans lesquels les virus sont intégrés.

BIBLIOGRAPHIE

Badami, R. S. (1957) : *Report Rothamsted Exp. St.* 1956, p. 111.

Baudard, E. (1957) : Dosage des acides aminés du virus X de la pomme de terre par chromato-électrorhéophorèse. *Parasitica*, XIII, 2, 42-50.

Bawden, F. C. (1956) : *Report Rothamsted Exp. St.* 1955, 89-90.

— (1957) : *Report Rothamsted Exp. St.* 1956, 98-99.

Bawden, F. C. et Sheffield, F. M. (1944) : The relationship of some viruses causing necrotic diseases of the potato. *Ann. Appl. Biol.*, **31**, 33.

Black, L. M. (1953) : Loos of vector transmissibility by viruses normally insect transmitted. *Phytopathology*, **43**, 466.

de Meester-Manger Cats, V. (1956) : *Solanum dulcamara L* (Bitterzoet) als mogelijke bron voor bladrolvirus. *T. Pl. Ziekten*, **62**, 171-173.

Hollings, M. (1955) : Investigation of chrysanthemum viruses I. Aspermy flower distorsion. *Ann. Appl. Biol.* **43**, 86.

Kassanis, R. (1956) : *Report Rothamsted Exp. St.* 1955, 90-91.

Knight, C. A. (1947) : The nature of some of the chemical differences among strains of tobacco mosaic virus. *Journ. of Biol. Chem.*, **171**, 297-308.

McWhorter, F. P. (1954) : The virus disease complex in canning peas. *Plant Dis. Reptr.*, **38**, 453-457.

Maramorosch, K. (1954) : Biological transmission of plant viruses by animal vectors. *Trans. New-York Ac. Sc.*, **16**, 189-95.

Roland, G. (1956) : Étude d'une mosaïque de la chicorée de Bruxelles (witloof), *Cichorium intybus* L. (*var. foliosum* Bissshof.). *Parasitica, XII*, 1, 1-7.

Semal, J. (1955) : Quelques transmissions par pucerons de *Cucumis virus* 1 Doolitlle à partir de Dahlia. *Parasitica, XI*, 118-123.

— (1958) : Note sur un nouveau virus de Begonia. *Parasitica* (à paraître).

Smith, F. F. et Brierley, P. (1955) : Aphid transmission of tobacco ringspot virus in gladiolus. *Plant Dis. Reptr.*, **39**, 1, 35.

Sommereyns, G. (1957) : Quelques observations relatives au virus Y de la pomme de terre chromatographié sur papier. *Parasitica, XIII*, 2, 39-42.

Watson, M. A. (1956) : The effect of different host plants of potato virus C in determining its transmission by aphids. *Ann. Appl. Biol.*, **44**, 599-607.

Bibliographie

LES LIVRES

G. Schmitz. — « *Helopeltis* » *du cotonnier en Afrique centrale.* 178 p., 30 fig. Publications INÉAC. Série Scient. nº 71. Bruxelles, 1958. Prix : 160 fr.

L'auteur expose d'abord les données historiques, chorologiques et systématiques relatives au genre *Helopeltis.* Il décrit ensuite plus spécialement le cycle vital, les plantes-hôtes, l'éthologie et l'épidémiologie de *H. schoutedeni* Reuter, le principal ennemi du cotonnier dans la zone septentrionale du Congo. Il fait aussi le point des observations et essais effectués en Uele, plus particulièrement à Bambesa, sur les dégâts dus à l'insecte et sur les moyens de lutte contre le parasite. La bibliographie est opulente et constitue un précieux instrument de recherche.

C. Boon, A. De Tavernier en G. Geens. — *Perspectieven voor de landbouw in de Euromarkt* (Perspectives de l'agriculture dans la Communauté économique européenne). XI-203 p. Katholieke Universiteit te Leuven, Centrum voor Economische Studiën, Leuven, 1958. Prix : 200 fr.

La présente étude est consacrée aux perspectives de l'agriculture au sein de l'économie générale du Marché commun. Les auteurs rappellent les principales dispositions des plans relatifs à l'intégration de l'agriculture : Plan Mansholt, Plan Charpentier, Plan Pflimlin (« Plan Vert »). Ils soulignent la place et la signification économique de l'agriculture dans l'Europe des Six. Ils exposent les conditions générales de la production agricole et horticole dans les pays du Marché commun. Ils dégagent les lignes directrices de la politique agricole des États occidentaux intéressés. Ils indiquent les tentatives qui ont été faites en vue de réaliser la stabilité des marchés.

Institut National de Statistique. — *Estimation de la production agricole. Année culturale 1956-1957.* 51 p. stencilées. Ministère des Affaires Économiques, Bruxelles, 1958.

Rendements moyens des récoltes de 1953 à 1957. Production agricole totale des années 1953 à 1957. Rendements et production pour le royaume, ainsi que par province et par région agricole.

H. Beguin. — *Géographie humaine de la région de Bengamisa.* 70 p., 9 fig. Publications INÉAC. Série Scient. nº 74. Bruxelles, 1958. Prix : 60 fr.

Le secteur de Bengamisa borde la Cuvette centrale congolaise à quelque cinquante kilomètres au Nord de Stanleyville. Il est occupé par un seul groupe ethnique, les Bamanga. L'auteur rend compte des enquêtes de géographie humaine auxquelles il s'est livré dans le secteur : sociologie du peuplement Bamanga, utilisation du terroir, genre de vie de la population, adaptation de l'habitat, organisation de la vie économique.

SYMPOSIA OF THE SOCIETY FOR EXPERIMENTAL BIOLOGY. — Number XII. *The biological replication of macromolecules* (Continuité biologique des macromolécules). 225 p., ill. At the University Press, Cambridge, 1958. Prix : 50 s.

Dans ce volume, F. K. SANDERS a rassemblé les communications qui ont été faites au symposium 1957 de la « Society for Experimental Biology ». Les travaux étaient principalement consacrés aux processus chimiques par lesquels les organismes vivants reproduisent certaines de leurs molécules essentielles. Parmi tant d'articles remarquables, signalons : *Étude des acides désoxyribonucléiques à l'aide d'échangeurs d'anions*, par A. BENDICH, H. B. PAHL, H. S. ROSENKRANZ et M. ROSOFF ; *Sur la synthèse des protéines*, par F. H. CRICK ; *La synthèse biologique des oligo- et polysaccharides*, par M. STACEY ; *Les processus de coordination de l'activité intracellulaire*, par A. MARSHAK ; *Transplantation de tissus et hérédité cellulaire*, par N. A. MITCHISON ; *L'action inhibitrice du glyoxal sur les macromolécules biologiques*, par A. J. THOMAS.

INSTITUT NATIONAL DE STATISTIQUE. — *Recensement des emblavures d'hiver et du bétail au 1er janvier 1958*. 17 p. stencilées. Ministère des Affaires Économiques, Bruxelles, 1958.

Examen comparatif des résultats des recensements au premier janvier des années 1956, 1957 et 1958. Détail des cultures et des animaux de la ferme présenté par province et par région agricole.

F. J. SPEAKMAN. — *The young naturalist's year* (L'année du jeune naturaliste). 176 p., 31 ill., 8 planches hors texte. G. Bell and Sons, London, 1958. Prix : 12 s. 6 d.

Avec son premier livre, *Tracks, trails and signs*, l'auteur connut un succès justement mérité. Dans sa seconde publication, il signale aux jeunes naturalistes ce qu'ils peuvent découvrir, mois par mois, dans leurs randonnées. Il a vraiment vécu ce qu'il décrit et les directives de travail qu'il suggère aux fervents de la nature émanent de son expérience personnelle.

R. J. HARRISON. — *Man, the peculiar animal* (L'homme, ce singulier animal). 308 p., 32 fig., 24 pl. hors-texte. Pelican Books A 412. Penguin Books, Harmondsworth, 1958. Prix : 5 s.

Bien qu'écrit plus spécialement pour l'étudiant en médecine, le présent ouvrage ouvrira des horizons à la méditation de tout chercheur scientifique. L'homme diffère des autres mammifères par des particularités structurelles et fonctionnelles qui lui confèrent une place à part dans la série animale. L'auteur montre l'aide que les nouvelles techniques physiques et chimiques ont apportée dans les investigations d'anatomie humaine.

The Shell guide to trees and shrubs (Le guide Shell des arbres et des arbrisseaux). Phœnix House, London, 1958. Prix : 7 s. 6 d.

Les magnifiques reproductions de douze tableaux du peintre S. R. BADMIN et les commentaires judicieux de G. GRIGSON contribuent à faire du présent album une petite merveille de goût et de présentation intelligente. Des données anatomiques permettront de déterminer aisément les arbres et les arbustes qui donnent à chaque mois sa physionomie propre.

F. FAIRBROTHER. — *Roses*. 180 p., 13 fig., 105 ill. Penguin Handbooks, PH 37. Penguin Books, Harmondsworth, 1958. Prix : 5 s.

Préparée conjointement par la maison d'édition « Penguin Books » et la « Royal Horticultural Society », la présente monographie guidera utilement et d'une manière éminemment pratique, tout amateur dans le choix des variétés de roses et dans leur culture en plein air et sous verre. Elle donne aussi des renseignements sur les ancêtres des roses modernes et sur les sociétés qui réunissent les amis des roses.

W. HEISENBERG. — *The physicist's conception of nature* (La nature telle que la conçoivent les physiciens). Traduit de l'allemand en anglais par A. J. POMERANS. 192 p. Hutchinson, London, 1958. Prix : 16 s.

L'auteur expose les problèmes avec lesquels l'homme d'aujourd'hui se trouve confronté à la suite des changements apportés par la physique et les autres sciences dans la façon d'appréhender la nature. Dans ce domaine, les lois de la statistique, la théorie des quanta, les acquisitions récentes de la physique atomique et la théorie de la relativité se sont avérées particulièrement révolutionnaires. Après avoir retracé brièvement la vie et l'œuvre des pionniers de la science moderne et des tenants de l'interprétation mécaniste et matérialiste de la nature, le professeur HEISENBERG souligne la crise affectant celle-ci.

C. D. DARLINGTON. — *Evolution of genetic systems*. 2e édition revue et augmentée. 265 p., 35 fig. Oliver and Boyd, Edinburgh and London, 1958. Prix : 21 s.

Publiée en 1939, la première édition de l'ouvrage de C. D. DARLINGTON passa, à juste titre, pour un classique de l'histoire de la génétique. Cette seconde édition, revue et considérablement augmentée, ne pourra que corroborer l'appréciation flatteuse du début. La polyploïdie, la biologie des reccombinaisons chromosomiques, l'évolution du sexe, la stérilité, l'apomixie, les types de plasmagène font l'objet de chapitres pertinents.

FR. HOED, P. ELSOCHT et J. HOED. — *Institut National Belge du Houblon. Rapport sur l'activité et sur les travaux effectués en 1957 aux stations de recherches de Asse (Brabant) et de Poperinge (Flandre occidentale)*. 67 p. stencilées. Uccle, mai 1958.

Les auteurs du présent rapport exposent les essais et les recherches qui ont été faits sur le houblon en 1957, aux stations de Asse et de Poperinge. Signalons tout spécialement l'étude en vue de l'établissement d'une fumure équilibrée suivant la théorie du professeur M. V. HOMÈS, la comparaison des résultats d'analyse de houblons par les méthodes des professeurs DE CLERCK et GOVAERT, l'étude de différents modes d'inclinaison des fils et des fils plastiques, les recherches sur l'altération comparée des variétés de houblons conservés en sacs de plastique et en sacs de jute.

E. A. CLOUGH. — *Bookbinding for librarians* (L'art de relier à la portée des bibliothécaires). 204 p., 16 fig., 14 pl. hors texte. Association of Assistant Librarians, London, 1957. Prix : 30 s.

Les bibliothécaires ont tout intérêt à relier les ouvrages dont ils ont la garde. C'est à leur intention que le présent livre, éminemment pratique, a été conçu.

Ils y puiseront tous les détails utiles sur les matériaux bruts (papier, cuir, colles, ficelles, etc.) intervenant dans la reliure, ainsi que la technique complète de cet art. L'auteur expose les récents développements de la reliure, à la suite surtout de la mise en œuvre des matières plastiques dans la présentation et la restauration des ouvrages. Un glossaire et un index bibliographique complètent la monographie, laquelle est elle-même un modèle de typographie et de... reliure.

DIVERS AUTEURS. — *A century of Darwin* (Un centenaire de Darwin). 376 p., 55 fig., 5 photos hors texte, 1 portrait. Heinemann, London, 1958. Prix : 30 s.

Le 1er juillet 1858, Charles DARWIN et Alfred Russel WALLACE proposaient conjointement au grand public leur théorie de l'évolution des êtres vivants sous l'effet de la sélection naturelle. C'est pour commémorer cet événement retentissant que S. A. BARNETT a rassemblé les écrits que quinze auteurs de diverses nationalités ont consacrés, non seulement aux répercussions des publications de Darwin dans les domaines de la science, de la sociologie et de l'éthique, mais aussi à la nature du progrès biologique. On lira, entre autres, avec le plus grand fruit : *Les théories de l'évolution,* par C. H. WADDINGTON ; *La notion d'espèce après Darwin,* par Th. DOBZHANSKY ; *Darwin et la classification,* par R. A. CROWSON ; *Darwin et l'embryologie,* par Gavin DE BEER ; *La sélection sexuelle,* par J. MAYNARD SMITH ; *Darwin et les récifs coralliens,* par C. M. YONGE ; *Darwin en tant que botaniste,* par J. HESLOP-HARRISON.

E. DE SOUSA DA CAMARA. — *Catalogus systematicus fungorum omnium lusitaniae. I. Basidiomycetes. 1. Hymeniales* (Systématique des champignons du Portugal). 347 p., 1 portrait. Ministère de l'Économie, Lisbonne, 1956.

Catalogue important des Hyméniales du Portugal (champignons Basidiomycètes).

DIVERS AUTEURS. — *Proceedings of the British Society of Animal Production. 1958* (Comptes rendus de la Société britannique pour la Production animale. 1958). 103 p., ill. Oliver and Boyd, Edinburgh and London, 1958. Prix : 15 s.

Les éditeurs I. L. MASON et G. WIENER présentent ici les communications que la « British Society of Animal Production » a reçues au cours du premier semestre 1957. Tous ces travaux sont intéressants, mais nous nous bornerons à signaler : *Effet de l'hexoestrol sur la rétention d'azote chez les agneaux et sur la digestibilité de la ration,* par T. R. PRESTON, V. ROCHANASAROJ et Isoline GEE ; *Essais sur l'administration d'œstrogènes par voie buccale en vue de l'engraissement du cheptel bovin,* par A. A. BINDLOSS ; *Études sur la qualité de la carcasse chez le bétail de boucherie : la mesure de la conformation,* par J. C. TAYLER.

New Biology, nº 26. 128 p., ill. et pl. Penguin Books, Harmondsworth, 1958. Prix : 2 s. 6 d.

Signalons au sommaire du nº 26 de « New Biology », les travaux suivants : *L'œuf de poule,* par D. A. T. NEW ; *Plantes fameuses. 8. Les renoncules,* par J. L. HARPER ; *Régénération de tissus,* par D. R. NEWTH ; *Le problème mondial de la conservation des sites naturels,* par W. H. PEARSALL ; *Conservation de la nature en Grande-Bretagne,* par J. B. CRAGG ; *Les tourbières,* par P. J. NEWBOULD ; *Cybernétique et biologie,* par F. H. GEORGE. Le fascicule se termine par une courte biographie des collaborateurs.

N. R. Joshi, E. A. Mc Laughlin et R. W. Phillips. — *Les bovins d'Afrique. Types et races.* 317 p., 102 ill. Étude agricole de la FAO, n° 37. Rome, 1957. Prix : 15 s.

Les renseignements contenus dans la présente publication concernent les types et les races autochtones de bovins d'Afrique. Beaucoup de ces bovidés sont des animaux « inéconomiques » ; ils sont toutefois aptes à se maintenir et à fournir une production acceptable dans les milieux ingrats où ils sont élevés. De plus, ils peuvent présenter un intérêt du point de vue des expériences de sélection. Pour chaque type ou race, ont été étudiés : la provenance, le milieu d'origine, les caractères physiques, les aptitudes, les résultats obtenus dans d'autres régions, les croisements avec d'autres races bovines.

C. Kalisvaart. — *Subirrigation in the Zuiderzee polders* (L'irrigation souterraine dans les polders du Zuyderzée). 55 p., 9 fig., 10 photos, 1 carte. International Institute for Land Reclamation and Improvement. Publication 2. H. Veenman, Wageningen, 1958.

Dans les nouveaux polders de l'ancien Zuyderzée, l'apport des eaux aux terres sensibles à la sécheresse a été réalisé par irrigation souterraine ou « infiltration ». L'auteur décrit les travaux hydrauliques qui ont été entrepris à cette fin dans le polder Nord-Est où plus de 8.000 hectares ont été irrigués.

K. H. Parsons. — *Faire-valoir direct. Le propriétaire exploitant dans l'agriculture moderne.* 67 p. Étude agricole de la FAO, n° 39. Rome, 1958. Prix : 3 s.

Après avoir passé en revue les différents systèmes de tenure dont la politique agraire doit se préoccuper, l'auteur examine les différents problèmes que posent l'établissement et le maintien du faire-valoir direct. Il fournit les éléments d'appréciation qui permettront d'évaluer le rôle que ce régime foncier est susceptible de jouer dans le développement économique et social. Il s'attache plus particulièrement à la question des investissements agricoles que requiert le faire-valoir direct.

Divers auteurs. — *Metals and enzyme activity* (Les métaux et l'activité des enzymes). 102 p., plusieurs figures. At the University Press, Cambridge, 1958. Prix : 21 s.

E. M. Crook a rassemblé ici les communications qui ont été présentées et discutées au 15e symposium que la « Biochemical Society » a tenu à l'Université de Leeds le 13 juillet 1956. Le thème dudit symposium était le rôle que jouent les métaux dans l'activité des enzymes, substances catalysant les mécanismes des transformations biochimiques. R. S. Nyholm et L. E. Orgel se sont surtout préoccupés de la structure chimique des complexes organo-métalliques. B. R. Rabin, A. Albert, F. C. Happold, R. B. Beechey, F. Bergel et R. C. Bray se sont attachés à mettre en évidence la fonction des combinaisons enzymes-métaux dans les systèmes biologiques. Quant à E. C. Slater, il nous a donné un aperçu des connaissances actuelles sur le rôle biologique des cytochromes.

Ministry of Education. Pamphlet n° 35. — *Schools and the countryside* (Les écoles et la campagne). 74 p., 8 planches hors texte. Her Majesty's Stationery Office, London, 1958. Prix : 5 s. 6 d.

Il s'agit d'un plaidoyer en faveur des écoles établies à la campagne. L'auteur se pose en réformateur. Il expose les principes d'un enseignement rural adéquat. Il s'adresse tant aux professeurs qu'aux élèves et à leurs parents. Les fermiers ne

doivent pas oublier que l'école rurale est toute disposée à envisager avec sympathie les problèmes avec lesquels ils sont confrontés.

J. BARRETT and C. M. YONGE. — *Collins pocket guide to the sea shore* (Guide Collins de poche pour le rivage marin). 272 p., 179 fig., nombreux dessins, 40 pl. en noir et blanc, 40 pl. en couleurs. Collins, London, 1958. Prix : 25 s.

Bien que consacrées à la vie des animaux et des plantes des côtes britanniques, les naturalistes apprécieront hautement les clefs de détermination qui leur permettront de prospecter n'importe quel rivage de l'Atlantique Nord. Le texte est à la portée de tous. Les illustrations sont captivantes.

L. P. SMITH. — *Farming weather* (Le temps et le fermier). 208 p., 35 fig., 8 pl. hors texte. Thomas Nelson and Sons, London, 1958. Prix : 15 s.

Il s'agit d'un essai d'application de la météorologie à la pratique agricole. Les météores et le climat sont envisagés ici dans leurs effets sur la culture et sur l'élevage. Une partie importante de l'ouvrage est consacrée aux prévisions météorologiques. Les enseignements dispensés par L. P. SMITH devraient inciter les fermiers à réviser certains de leurs jugements sur le temps et conduire à l'amélioration de leurs méthodes de travail.

DIVERS AUTEURS. — *The Twelfth Oxford farming conference* (La douzième Conférence agricole d'Oxford). 118 p. At the Alden Press, Oxford, 1958. Prix : 6 s.

La présente publication rassemble les communications qui ont été faites à la douzième Conférence agricole qui s'est tenue à Oxford du 6 au 8 janvier 1958. Elles ont principalement trait à l'alimentation des animaux domestiques, à la production de viande de bœuf et à l'élevage intensif du mouton.

I.N.É.A.C. — *Carte des sols et de la végétation du Congo belge et du Ruanda-Urundi. 6. Yangambi. Planchette 3 : Lilanda.* 32 p., 2 cartes. Bruxelles, 1957.

Les cartes des sols et de la végétation de Lilanda, planchette 3 de Yangambi, ont été levées par P. GILSON, P. JONGEN, A. VAN WAMBEKE et L. LIBEN. La notice explicative a trait au milieu (géologie, géomorphologie, climat, géographie humaine et économique), aux séries et complexes de sols, aux principaux types de végétation, aux corrélations entre le sol et la végétation. L'interprétation des photographies aériennes a été confiée à R. GUTZWILLER.

DIVERS AUTEURS. — *New Biology*, nº 25. 128 p., 18 fig., 6 planches hors texte. Penguin Books, Harmondsworth, January, 1958. Prix : 2 s. 6 d.

Le présent numéro de « New Biology » contient, entre autres : *Karl Pearson,* une note écrite à l'occasion du centenaire de sa naissance par J. B. S. HALDANE ; *La transpiration,* par P. J. SYRETT ; *La végétation et la conservation de l'eau,* par J. D. OVINGTON ; *Le climat et les variations géographiques chez les oiseaux,* par D. W. SNOW ; *La seiche (Sepia officinalis L.),* par B. B. BOYCOTT.

P. CHADWICK. — *Wild animals in Britain* (Les animaux sauvages de la Grande-Bretagne). 32 p., 45 ill. en couleurs. Puffin Picture Book nº 105. Penguin Books, Harmondsworth, 1958. Prix : 3 s. 6 d.

L'album délicieux de Paxton CHADWICK est destiné aux adolescents. Il vaut surtout par les illustrations en couleurs, lesquelles représentent quelques mammi-

fères et reptiles sauvages de la Grande-Bretagne. Des détails sont donnés sur les particularités biologiques des animaux envisagés.

E. A. R. Ennion. — *Bird study in a garden* (Étude des oiseaux dans un jardin). 32 p., 30 ill. dont plusieurs en couleurs. Puffin Picture Book n° 106. Penguin Books, Harmondsworth, 1958. Prix : 3 s. 6 d.

Cet opuscule, réduit mais combien agréable, incitera la jeunesse à l'étude des oiseaux. L'auteur indique comment saisir les mœurs des oiseaux hantant les jardins et comment identifier les espèces.

Divers auteurs. — *Forestry practice* (Pratique forestière). 6e édition. 93 p., 4 fig. Forestry Commission, Bull. n° 14. Her Majesty's Stationery Office, London, 1958. Prix : 5 s. 6 d.

Une équipe de sylviculteurs vient de remanier la *Pratique forestière* que Sir Francis Acland avait fait paraître pour la première fois en 1933. R. A. Aldhous et R. Faulkner se préoccupent de l'établissement des pépinières et de la conduite des semis ; G. G. Stewart traite des jeunes plantations ; P. F. Garthwaite expose les méthodes de reboisement après l'exploitation ; A. D. Miller s'attache à l'aménagement des taillis ; E. G. Richards disserte sur l'utilisation et la préservation du bois de construction. La protection des arbres contre les maladies, contre les insectes et contre le feu est envisagée respectivement par T. R. Peace, M. Crooke et H. L. Edlin. Des informations sur les outils utilisés en foresterie et sur l'aide que la « Forestry Commission » peut apporter aux propriétaires de bois complètent judicieusement cet excellent guide de pratique sylvicole.

W. Macneile Dixon. — *The human situation* (La position de l'homme). 444 p. Pelican Books A 418. Penguin Books, Harmondsworth, 1958. Prix : 5 s.

Dans cette importante contribution à l'étude de la place que l'homme occupe dans l'univers, W. Macneile Dixon, professeur à l'Université de Glasgow, tente de donner une réponse acceptable aux questions suivantes : Pourquoi sommes-nous sur cette terre ? Quelle est — si elle en a une — la raison de la vie humaine ? Quelle est la place assignée à l'homme dans le monde par la philosophie du vingtième siècle ?

J. M. Smith. — *The theory of evolution* (La théorie de l'évolution). 320 p., 32 fig. Pelican Books A 433. Penguin Books, Harmondsworth, 1958. Prix : 3 s. 6 d.

Après avoir exposé la théorie darwinienne de la sélection naturelle, J. Maynard Smith montre comment les recherches subséquentes l'ont confirmée en certaines de ses parties et transformée en d'autres. L'auteur fonde sa démonstration à la fois sur des expériences de laboratoires et sur des faits qu'il a observés au sein de populations naturelles. Il souligne l'importance des changements évolutifs pour l'avenir de la race humaine.

A. E. T. F. A. T. — *Index*. 61 p. Travaux du Laboratoire de Botanique Systématique et de Phytogéographie de l'Université Libre de Bruxelles. Publication n° 28, juin 1958.

Le présent Index rassemble tout ce qui a paru en 1957 sur la taxonomie botanique des régions situées au sud du Sahara, Afrique du Sud et Madagascar inclus. Les taxa nouveaux avec répartition géographique, les divisions infraspécifiques et

les basonymes des combinaisons nouvelles sont mentionnés. Sont aussi signalées toutes références de travaux utiles au point de vue taxonomique et iconographique.

P. Duvigneaud. — *La végétation du Katanga et de ses sols métallifères*. Bull. Soc. Roy. Bot. Belg., t. 90, p. 127-286, juin 1958. Travaux du Laboratoire de Botanique Systématique et de Phytogéographie de l'Université Libre de Bruxelles. Publication n° 29.

En 1956, le professeur P. Duvigneaud a participé, en tant que botaniste, à une mission chargée de déceler au voisinage de certains gisements d'uranium, au Katanga, l'action éventuelle de la radioactivité sur la flore et la faune naturelles. Dans le présent travail, il décrit sommairement la végétation générale du Katanga et la végétation particulière des biotipes riches en métaux lourds. Il envisage aussi l'écologie des plantes métallicoles, spécialement l'aspect phytosociologique de la question. Ses observations ont mis en lumière d'indéniables interrelations entre la végétation et les métaux lourds du sol. Par ailleurs, il semble que certaines espèces puissent servir, soit par leur présence indicatrice, soit par l'analyse chimique de leurs cendres, à la prospection biogéochimique de certains métaux.

F. R. Banks. — *The Penguin guide to London* (Londres). 502 p., cartes et plans. Penguin Books, Harmondsworth, 1958. Prix : 6 s.

Le présent guide, détaillé à souhait, met à la portée des lecteurs tout ce qu'il faut connaître pour visiter aisément et judicieusement Londres : hôtels, moyens de transport, centres d'intérêt, musées, sports, etc.

R. Fitter. — *Your book of bird watching* (Votre livre de la chasse aux oiseaux). 40 p., 12 dessins, 12 planches hors texte. Faber and Faber, London, 1958. Prix : 7 s. 6 d.

L'alliance du texte de Richard Fitter et des dessins de Richard Allan contribue à faire de l'opuscule sous revue un trésor pour les jeunes ornithologistes. Des détails sont donnés sur l'identification des oiseaux, sur leurs nids, sur leurs mœurs, sur les livres de base à consulter, sur les sociétés auxquelles l'amateur d'oiseaux devrait adhérer. Les pages du livre sont toute frémissantes de l'enthousiasme qui anime les jeunes découvreurs de la nature à l'aube de leurs investigations.

F. Barker. — *The cream of alpines* (Plantes alpines de choix). 86 p., 50 dessins, 6 planches en couleurs. Thomas Nelson, London, 1958. Prix : 15 s.

Frank Barker, le fameux chasseur de plantes, propose aux jardiniers spécialisés en décoration de rocailles, les cinquante meilleures fleurs alpines de sa collection. Il traite en détail de leurs exigences particulières, de leur habitat d'origine, de leurs qualités, de leurs modes de culture. Les illustrations dues à Terence Freeman rendent cet album singulièrement attachant.

J. Hutchinson. — *Wild flowers in colour* (Plantes sauvages en couleurs). 128 p. 128 planches en couleurs. Penguin Books, Harmondsworth, 1958. Prix.: 17 s. 6 d.

Ce guide précieux permettra aux botanistes de déterminer aisément les fleurs spontanées du Royaume-Uni grâce au texte de J. Hutchinson et aux illustrations

de E. Hahnewald. 564 fleurs différentes sont décrites. Quelques plantes rares en Grande-Bretagne, mais communes sur le Continent, ont été incluses.

H. Melville. — *Big molecules* (Les macromolécules). 180 p., 33 fig., 16 pl. hors texte. G. Bell, London, 1958. Prix : 15 s.

Les fibres naturelles et artificielles (soie, laine, coton, nylon), les matières plastiques, les caoutchoucs et beaucoup de polymères sont constitués de molécules géantes que Sir Harry Melville décrit avec une maîtrise incomparable. A côté de l'analyse chimique, l'accent est mis sur le rôle que jouent les macromolécules dans la vie quotidienne de l'homme moderne.

H. F. Tysser. — *The Fruit annual* (L'Annuaire du fruit). 632 p., nombreuses illustrations. British-Continental Trade Press, London, 1958.

Un aperçu du commerce des fruits dans le monde est suivi d'articles concernant la culture du citron en Argentine, les fruits tropicaux (bananes et ananas), les fruits secs, les noix comestibles. Il y a lieu de citer deux travaux pertinents : *Préparation et conserves*, par E. Hardy et *La mécanisation de la culture fruitière, le conditionnement et l'emballage*. Enfin, l'Annuaire du fruit donne des informations sur le calendrier des approvisionnements fruitiers ainsi que sur les organisations syndicales et les journaux professionnels du commerce des fruits.

S. Ross-Craig. — *Drawings of British plants.* Part XI. *Droseraceae. Ficoidaceae* (Dessins de fleurs de la Grande-Bretagne. XI). 39 planches. G. Bell, London, 1958. Prix : 9 s. 6 d.

Mme Stella Ross-Craig continue patiemment à illustrer la *Flore des Iles britanniques*. Jusqu'ici, elle a fait paraître quelque 550 dessins, sur un total qui variera de 1500 à 1800. Elle présente ici 39 plantes appartenant aux familles des *Droseraceae* et des *Ficoidaceae*.

H. Oldroyd. — *Collecting, preserving and studying insects* (Comment collectionner, conserver et étudier les insectes). 328 p., 135 fig., 15 planches hors texte, une carte. Hutchinson, London, 1958. Prix : 25 s.

L'auteur initie les entomologistes à la chasse aux insectes, à leur capture et à leur préparation pour les collections. Il donne de judicieux conseils sur la façon de les examiner, de les dessiner, de les photographier à l'état vivant et mort. La classification et la nomenclature zoologiques sont prétextes à une brillante dissertation.

J. Read. — *Through alchemy to chemistry* (De l'alchimie à la chimie). 206 p., 49 fig. G. Bell, London, 1957. Prix : 18 s. 6 d.

La chimie telle que nous la connaissons aujourd'hui est l'aboutissement d'une longue histoire, pleine de tâtonnements, de fausses routes et d'épisodes romanesques. Elle fut, pendant des siècles, une manifestation spéculative émanant de philosophes, d'artisans... et de charlatans. Progressivement, la chimie devint expérimentale et positive. Certes, le professeur John Read ne pouvait prétendre retracer, en un seul volume, toutes les péripéties de cette évolution ; mais, si certains faits ont été omis, l'essentiel s'y trouve.

Divers auteurs. — *Studies on fossil vertebrates* (Études sur les vertébrés fossiles). 263 p., 19 fig., 1 carte. University of London, The Athlone Press, 1958. Prix : 35 s.

T. Stanley Westoll a rassemblé ici une série de travaux sur les vertébrés fossiles que douze paléontologistes distingués ont rédigés en l'honneur de leur collègue de renommée mondiale : D. M. S. Watson. Citons, entre autres : *Le temps et l'évolution*, par J. Brough ; *L'aube de l'âge des dinosaures*, par E. H. Colbert ; *Bref aperçu sur les vertébrés australiens fossiles*, par E. S. Hills ; *L'environnement géologique des poissons fossiles*, par D. H. Rayner. Les conceptions développées dans ces études pourraient conduire à la révision critique de certains faits de la géologie et de la paléontologie.

C. B. Williams. — *Insect migration* (La migration des insectes). 236 p., 48 fig., 16 planches hors texte. « The New Naturalist ». Collins, London, 1958. Prix : 30 s.

L'étude de la migration des insectes doit beaucoup aux travaux du docteur C. B. Williams qui, de 1932 à 1955, fut entomologiste en chef à la Station expérimentale de Rothamsted. L'auteur expose les faits et les théories susceptibles d'élucider plusieurs questions ayant trait aux migrations, et de poser certains problèmes en termes justes. Il souligne l'intérêt des insectes marqués dans l'étude des migrations et il signale quelques publications relatives au sujet qu'il a abordé.

R. Carrington. — *Elephants*. 272 p., 24 pl. hors texte, 39 dessins. Chatto and Windus, London, 1958. Prix : 25 s.

Un aperçu de l'histoire naturelle des éléphants, de leur évolution et de leur influence sur l'humanité est l'objet essentiel du présent ouvrage. L'éléphant a joué un rôle dans les religions, les guerres, les arts et la mythologie. L'ivoire de ses défenses est un précieux article de commerce. De même que le cheval, le chien et le chameau, il fut un fidèle serviteur de l'homme. Des détails sont donnés sur la chasse aux pachydermes et des directives sont proposées en vue de leur préservation. Les dessins reconstituant des éléphants fossiles ont été conçus par M. Wilson.

A. G. Puttock. — *Bulbs and corms* (Bulbes et rhizomes). 126 p., 14 ill., 52 photos dont plusieurs en couleurs. John Gifford, London, 1958. Prix : 18 s.

La floraison des plantes à bulbes et à rhizomes constitue une joie pour les yeux. Quelle que soit la saison de l'année, ces fleurs sont en place dans toutes les situations : à l'intérieur du home, en serre, en jardin de rocailles, en parterrres de plein air. L'auteur expose la culture des fleurs qui font l'objet de son agréable monographie et il recommande les espèces et les variétés qui satisfairont les amateurs les plus difficiles. Les illustrations de Rosemary Puttock sont dignes d'éloges.

H. L. Edlin. — *England's forests* (Forêts de l'Angleterre). 224 p., 41 photographies hors texte, 7 cartes. Faber and Faber, London, 1958. Prix : 30 s.

Dans le présent ouvrage, essentiellement topographique, H. L. Edlin décrit, comté par comté, les forêts anciennes ou récentes que l'on rencontre en Angleterre et qui appartiennent tant à l'État qu'aux particuliers. Ses observations sont de nature à orienter la politique forestière du Royaume-Uni. Les photographies nous donnent un aperçu de la variété des paysages forestiers anglais et ont fixé quelques opérations forestières dont le public ignore souvent le déroulement.

Divers auteurs. — *Horses in fact and fiction* (Les chevaux dans la réalité et dans la littérature). 224 p., 24 planches dont 8 en couleurs. Jonathan Cape, London, 1957. Prix : 42 s.

Ake Runnquist a rassemblé dans la présente anthologie les pages que quelques écrivains renommés de divers pays ont consacrées au cheval. Dans une compréhensive introduction, John Hislop montre que le cheval a accompagné l'homme dans ses tribulations à travers les âges et s'efforce de saisir la psychologie de ce noble animal. De belles reproductions de tableaux dont le cheval est le « personnage » principal illuminent le texte. Elles sont l'œuvre de peintres célèbres tels que Géricault, Toulouse-Lautrec, Degas, Picasso, Stubbs, Hunt, Lundquist et Rubens. On admirera aussi la reproduction d'un *Cavalier grec,* peint sur un vase datant du cinquième siècle avant notre ère.

Divers auteurs. — *Progress in biophysics and biophysical chemistry. Volume 8* (Progrès réalisés en biophysique et en chimie biophysique. Volume 8). 410 p., nombreuses illustrations et planches hors texte. Pergamon Press, London, 1957. Prix : 5 £ 5 s.

J. A. V. Butler et B. Katz reprennent ici quelques travaux témoignant des progrès réalisés en biophysique et en chimie biophysique au cours des dernières années. Citons : *La physiologie de l'ouïe,* par I. C. Whitfield ; *La vision humaine des couleurs,* par G. I. Brindley ; *Effets des radiations sur la synthèse de l'ADN dans les cellules des mammifères,* par L. I. Kelly ; *La biosynthèse de quelques composants du tissu connectif,* par R. H. Smith ; *La chimie physique de l'acide désoxyribonucléique,* par K. V. Shooter ; *La biosynthèse des protéines,* par R. B. Loftfield.

J. L. Rogers. — *Quick-frozen foods* (Aliments traités par le quick-freezing). 330 p., 71 ill. Food Trade Press, London, 1958. Prix : 50 s.

L'industrie du quick-freezing a pris rapidement une extension considérable. Après en avoir retracé brièvement l'histoire, John L. Rogers expose les principes de la réfrigération rapide et décrit la technologie du quick-freezing appliqué aux légumes, aux fruits, aux poissons, aux crustacés, aux viandes, à la volaille, aux aliments pré-cuits et aux pâtisseries. Quelques détails sont donnés sur l'emballage, sur le commerce et sur l'utilisation des produits alimentaires surgelés.

V. D. van Someren. — *A bird watcher in Kenya* (Un chasseur d'oiseaux au Kénia). 270 p., 32 photographies hors texte. Oliver and Boyd, Edinburgh and London, 1958. Prix : 30 s.

Le docteur Vernon D. van Someren communique à ses lecteurs la vive satisfaction qu'il éprouve à capturer les oiseaux du Kénia et à les faire connaître. Les naturalistes se réjouiront des magnifiques photographies d'oiseaux que l'auteur a prises dans cette région du globe relativement inexplorée encore. Les conseils de technique photographique que van Someren dispense permettront à ceux qui voyagent en Afrique d'en rapporter d'impeccables pellicules.

The Central Office of Information. — *Britain. An official handbook. 1958 edition* (Guide officiel de la Grande-Bretagne pour 1958). 530 p., 32 photographies, 10 cartes. Her Majesty's Stationery Office, London, 1958. Prix : 21 s.

Bien présenté, bien illustré, le présent guide donnera aux Anglais et surtout aux étrangers, la réponse aux questions qu'ils pourraient se poser relativement

au peuple, aux institutions, à l'administration et à l'économie de la Grande-Bretagne. En ce qui concerne l'agriculture et l'horticulture, les rédacteurs du guide décrivent les facteurs qui ont influencé ces deux branches de l'économie, analysent les systèmes de tenure foncière et supputent les perspectives du marché.

D. A. Bannerman. — *The birds of the British Isles. Vol. VII* (Les oiseaux des Iles britanniques. Vol. VII). 256 p., 27 planches en couleurs. Oliver and Boyd, London, 1958. Prix : 63 s.

Ce septième volume de la *Faune ornithologique des Iles britanniques* est consacré aux *Anatidae*, gibier à plumes dont les principaux représentants sont les canards sauvages. David Armitage Bannerman en retrace l'histoire naturelle et donne des indications sur leur identification, leur distribution géographique et leur migration. Les illustrations reproduisent les peintures, toute de splendeur, de feu George E. Lodge.

N. Tinbergen. — *Curious naturalists* (La curiosité des naturalistes). 280 p., 27 ill., 54 photographies hors texte. Country Life Ltd., London, 1958. Prix : 35 s.

Curieux des choses de la nature depuis le temps où il était étudiant aux Pays-Bas, Niko Tinbergen relate ici l'essentiel des observations qu'il a faites au cours de vingt-cinq années d'investigations. Parmi les sujets qu'il a particulièrement étudiés, citons : les réflexes des abeilles, des papillons et d'autres insectes aux couleurs et aux odeurs ; l'instinct maternel chez les eiders ; l'humeur querelleuse des mouettes tridactyles ; le mimétisme et le camouflage chez les insectes ; la vitesse stupéfiante du vol du faucon. Le présent ouvrage est susceptible d'éveiller, chez les jeunes hommes qui le liront, des vocations de naturalistes.

R. Irwin. — *The origins of the English library* (Les origines de la bibliothèque anglaise). 256 p. George Allen and Unwin, London, 1958. Prix : 25 s.

L'auteur retrace l'histoire des bibliothèques anglaises depuis les origines jusqu'à l'époque victorienne. Il souligne la frénésie de lecture qui se manifesta au XV[e] siècle et il montre la puissance civilisatrice du livre imprimé. Le présent ouvrage intéresse non seulement les bibliothécaires, mais aussi les bibliophiles et les historiens que préoccupe la sociologie de la littérature.

G. Mountfort. — *Portrait of a wilderness* (Physionomie d'un désert). 240 p., 130 photographies dont 15 en couleurs, une carte. Hutchinson, London, 1958. Prix : 30 s.

Guy Mountfort fait ici le récit de trois expéditions qui, sous sa direction, parcoururent le Coto Doñana, région aride et fabuleuse du sud-ouest de l'Espagne qui constitue aujourd'hui le plus important refuge en Europe de la vie sauvage. De ces expéditions faisaient partie des naturalistes réputés tels que Field Marshal Viscount Alanbrooke, Sir Julian Huxley, Roger Peterson et James Fisher. Le livre ne concerne pas uniquement les oiseaux ; il fourmille aussi de notations sur les mammifères, sur les reptiles, sur les insectes, sur les fleurs et sur les coutumes des autochtones du Coto Doñana. Les illustrations, dues presque entièrement à Eric Hosking, sont remarquables.

G. E. TREASE. — *A textbook of pharmacognosy* (Manuel de pharmacologie). 7e édition. 808 p. Baillière, Tindall and Cox, London, 1957. Prix : 42 s.

La première édition du manuel de G. E. TREASE parut en 1952. La présente édition a été révisée afin de tenir compte des acquisitions les plus récentes faites dans les domaines de la chimie et de la pharmacologie. Le chapitre sur les enzymes a été entièrement remanié ; il contient maintenant des notes sur l'hyaluronidase, la pénicillinase, la streptokinase et sur d'autres enzymes d'importance pharmaceutique. En ce qui concerne l'analyse chimique des principes actifs des drogues, un nouveau chapitre sur la technique des traceurs radioactifs a été inclus. Par ailleurs, les grandes subdivisions du manuel sont les suivantes : la culture des plantes médicinales, leur séchage, leur stockage ; les drogues d'origine végétale et animale ; la chimie des drogues ; la microscopie des substances pharmaceutiques.

J. PACKER and J. VAUGHAN. — *A modern approach to organic chemistry* (Méthode moderne d'initiation à la chimie organique). 974 p. At the Clarendon Press, Oxford, 1958. Prix : 84 s.

Le manuel sous revue témoigne des progrès réalisés au cours des trente dernières années dans l'élucidation des réactions de la chimie organique. Il présente un grand intérêt didactique ; ses directives méthodologiques permettront aux étudiants d'assimiler fructueusement les enseignements du professeur de chimie organique. Un texte captivant sur un sujet qui aurait pu être ardu.

JAAO DE CARVALHO E VASCONCELLOS. — *Ervas infestantes das searas de trigo* (Herbes adventices des emblavures de froment). 404 p., 100 photos hors texte, 11 planches. Federaçâo Nacional dos Produtores de Trigo, Lisboa, 1958.

Description, distribution géographique, synonymie et mode de propagation des plantes, classées par familles, qui infestent les emblavures de froment au Portugal. Nomenclature et terminologie utilisées. Moyens de lutte, entre autres par les désherbants sélectifs et les hormones de croissance.

F. BUXBAUM. — *Cactus culture based on biology* (La culture des cactus basée sur la biologie). 224 p., 94 ill., 12 planches en couleurs, 7 cartes. Blandford Press, London, 1958. Prix : 37 s. 6 d.

Le présent livre a été excellemment traduit de l'allemand par Vera HIGGINS. Professeur à l'Université de Graz, en Autriche, Franz BUXBAUM compte trente années d'expérience sur la culture et l'écologie des cactus. Il nous en donne ici le fruit. Il décrit l'origine des diverses espèces de cactus et le comportement de celles-ci dans leur milieu naturel. Il tente de mettre un peu d'ordre dans la taxonomie des cactus, mais il incline à croire que la confusion actuelle n'est pas près de se dissiper. L'ouvrage n'aurait pu être mieux illustré.

THE COMMONWEALTH FORESTRY BUREAU. — *Guide to the use of Forestry Abstracts* (Guide pour l'emploi des Forestry Abstracts). Revised and enlarged edition. 78 p. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, 1958. Prix : 10 s.

Le guide sous revue permettra aux lecteurs s'intéressant aux matières forestières de consulter aisément et fructueusement les « Forestry Abstracts », revue trimestrielle que publie le *Forestry Bureau*, à Oxford, sous les auspices des *Com-*

monwealth Agricultural Bureaux. Il contient : une introduction, une note sur la classification décimale, une clef des titres des publications mentionnées avec noms et adresses des éditeurs, les abréviations des noms de langues, les abréviations indiquant la bibliothèque d'origine, un glossaire de certains termes étrangers, l'équivalence des mesures. Le texte est en anglais, français, allemand et espagnol.

K. Richmond. — *Wild venture. A bird-watcher in Scotland* (L'aventure en pleine nature. Un chasseur d'oiseaux en Écosse). 224 p., 16 pl. hors texte. Geoffrey Bles, London, 1958. Prix : 21 s.

Écrit par un ornithologiste consommé, ce livre enthousiasmera aussi bien le profane que l'oiseleur de profession. Kenneth Richmond décrit seulement les oiseaux qu'il a capturés en Écosse et qui lui sont familiers : l'aigle, le busard, le faucon, le hibou, le coq de bruyère, divers échassiers et plusieurs volatiles des mers et des rivages marins. Il ne se contente pas de relater les péripéties de ses chasses mais il dépeint, avec un art consommé, les paysages d'Écosse que hantent les oiseaux qu'il recherche.

Primrose Mc Connell. — *The agricultural notebook* (Agenda agricole). 13ᵉ éd. 846 p., 53 fig. Farmer and Stock-Breeder Publications, London, 1958. Prix : 40 s.

La 13ᵉ édition de l'Agenda agricole conçu à l'origine par Primrose Mc Connell paraît sous les auspices du professeur H. Ian Moore. Elle a été revue et augmentée par celui-ci et une équipe d'une vingtaine de spécialistes. Les fermiers et les étudiants en agriculture y puiseront tous les renseignements utiles en matière de culture, d'élevage, de sylviculture et de branches connexes.

L. C. Martin and B. K. Johnson. — *Practical microscopy* (Microscopie pratique). 3ᵉ éd. 138 p., 80 ill., 13 planches hors texte. Blackie, London and Glasgow, 1958. Prix : 12 s. 6 d.

Les progrès de la science doivent beaucoup au perfectionnement des microscopes. Éminemment pratique, le présent ouvrage est consacré à la manipulation correcte de ces instruments. Des renseignements sont donnés sur les méthodes d'éclairement de l'objet, sur la préparation des spécimens à examiner, sur la lumière polarisée, sur la photomicrographie, sur la microscopie à l'ultra-violet et sur le microscope électronique.

W. N. Bates. — *Mechanization of tropical crops* (Mécanisation des cultures tropicales). 410 p., 126 fig. Temple Press and Farm Mechanization, London, 1957. Prix : 45 s.

Après avoir exposé les généralités relatives aux principales cultures, au climat et aux terrains des régions tropicales et les problèmes que posent l'érosion, la conservation des sols, le drainage et l'irrigation dans lesdites régions, l'auteur s'attache plus spécialement à la culture mécanisée des plantes tropicales : canne à sucre, riz, maïs et autres céréales : sorgho, éleusine, millet, *Coix lachryma-jobi* ; légumineuses : *Glycine hispida, Phaseolus vulgaris, Ph. lunatus, Ph. mungo, Ph. aureus, Cajanus indicus*... ; fruits : mangue, divers *Citrus*, ananas, papaye, banane, datte ; plantes racines : manioc, patate douce, igname, *Colocasia antiquorum, Maranta arundinacea* ; thé ; cacao ; café ; plantes oléagineuses : *Cocos nucifera, Elaeis guineensis*, arachide, sésame, tournesol, *Aleurites* sp. ; plantes à fibres : coton,

jute, chanvre, lin, ramie, *Crotalaria juncea*, agave, *Furceaca gigantea* ; tabac ; pyrèthre ; plantes à caoutchouc, principalement *Hevea brasiliensis*, etc.

A. Williams-Ellis. — *The unknown ocean* (L'océan inconnu). 110 p., 41 ill. Blackie, London, 1958. Prix : 7 s. 6 d.

Les récentes recherches entreprises au sein de l'océan à l'aide de l'aqualung, de la bathysphère et du batyscaphe ont éclairé d'une lumière nouvelle la vie des animaux marins. Évoquant ses propres expériences en la matière et celles d'hommes de haute trempe tels que Cousteau et Heyerdahl, Mme Amabel Williams-Ellis a écrit sur le sujet un livre à la fois charmant et instructif qui passionnera les adolescents. L'ouvrage est bourré d'anecdotes et les illustrations dues à Susan Williams-Ellis sont des plus suggestives.

E. Schroedinger. — *Science theory and man* (La théorie scientifique et l'homme). 223 p., 13 fig. George Allen and Unwin, London, 1957. Prix : 18 s.

Le présent livre parut en 1935 sous le titre : *Science and the human temperament*. Cette nouvelle édition contient une préface de Rutherford et une introduction biographique de James Murphy qui traduisit l'ouvrage de l'allemand en anglais. Lauréat du Prix Nobel, le professeur Erwin Shroedinger prit une part active au développement des théories de la physique nouvelle. Dans les études rassemblées ici, il montre les répercussions desdites théories sur l'interprétation du monde matériel. Elles ont trait entre autres, à la loi du hasard, au problème de la causalité, à l'indéterminisme, à la valeur philosophique des concepts de la physique moderne, à la mécanique des ondes, à la particule élémentaire.

H. M. Roan, C. R. Hancock et M. E. Taylor. — *Cactus and other succulent plants* (Cactus et autres plantes grasses). 91 p., 18 ill., 140 photographies. Nicholas Kaye, London, 1958. Prix : 16 s.

Écrite dans un style d'une clarté étonnante, la présente monographie donne toutes indications utiles sur la culture des cactées et autres plantes grasses, en appartements ou en serres : exigences à l'égard du sol et de l'eau, espèces et variétés, empotement, floraison, propagation par boutures et par semis, greffes. L'illustration est en tous points excellente.

J. O'Mahony et divers collaborateurs. — *Commercialisation et distribution de la viande et des produits laitiers aux États-Unis*. 114 p., 9 fig. Agence Européenne de Productivité de l'o. e. c. e., Paris, août 1958. Prix : 400 fr. fr.

Le présent rapport rend compte de la mission organisée aux États-Unis, par l'Agence Européenne de Productivité, du 21 mars au 22 mai 1957. Les auteurs analysent le système de commercialisation que les États-Unis mettent en œuvre pour la viande et les produits laitiers et ils recommandent l'application en Europe de méthodes qui ont fait leurs preuves en Amérique et qui réduiront les frais de commercialisation.

Divers auteurs. — *La lutte contre les maladies des bovins et des ovins au pâturage*. 176 p. Agence Européenne de Productivité de l'o. e. c. e., projet nº 204, Paris, juillet 1958. Prix : 550 fr. fr.

La présente publication r sume les résultats d'une enquête effectuée par divers experts relativement à la lutte contre les maladies des bovins et des ovins au pâturage. Elle comprend les études suivantes : *Prophylaxie des maladies parasitaires du mouton et du bœuf au pâturage*, par J. Euzéby ; *Désordres du métabolisme*, par J. H. Bouckaert et A. T. Phillipson ; *La tétanie de nutrition*, par L. Seekles ; *Déficiences minérales*, par R. Allcroft ; *Relations entre la composition minérale des herbages et la tétanie d'herbage et autres désordres minéraux*, par J. Wind ; *Stérilité chez les animaux au pâturage*, par P. C. Hignett et J. Moustgaard ; *Les poisons d'origine industrielle et les insecticides sur les pâtures. L'hyperkératose chez les bovins*, par K. Wagener et U. Reuss.

Divers auteurs. — *Gestion des exploitations agricoles*. 166 p. Agence Européenne de Productivité de l'o. e. c. e., Paris, juin 1958. Prix : 650 fr. fr.

Comme le sous-titre l'indique, la présente publication est un guide qui permettra d'élaborer les manuels nationaux et régionaux destinés aux vulgarisateurs que préoccupe la gestion des exploitations agricoles. C'est une synthèse des meilleurs travaux effectués dans ce domaine en Europe et aux États-Unis. La première partie est consacrée à la description des principes et des méthodes ; la deuxième traite de façon détaillée de l'adaptation de ces principes et de ces méthodes à l'exploitation en tenant compte des conditions locales et des problèmes particuliers.

Ph. Bagby. — *Culture and history* (Culture et histoire). 244 p. Longmans, Green and Co, London, 1958. Prix : 30 s.

C'est avec raison que l'ouvrage porte en sous-titre : *Prolégomènes à une étude comparative des civilisations*. Les récents progrès accomplis dans les sciences historiques et sociales ont rendu possible une étude rationnelle de l'histoire, celle-ci étant considérée comme une succession de façons de vivre, c'est-à-dire de sentir, de penser et d'agir. Les idées fondamentales et les valeurs caractérisant ces diverses façons de vivre ou civilisations peuvent, aujourd'hui, être comparées. Après avoir défini le concept de culture, Philip Bagby expose ce que l'on peut attendre d'une approche scientifique de l'histoire, particulièrement dans la supputation de l'avenir culturel des pays occidentaux.

E. Schrödinger. — *Mind and matter* (L'esprit et la matière). 104 p., 3 fig. Cambridge University Press, 1958. Prix : 13 s. 6 d.

Erwin Schrödinger, professeur de physique à l'Université de Vienne, aborde ici les questions relatives aux rapports existant entre l'esprit et la matière. Il s'interroge sur la place que la conscience occupe dans l'évolution de la vie et sur le rôle qu'a joué le développement de la mentalité humaine dans les conceptions de la morale. Il traite des bases physiques de la conscience, de l'avenir de l'intelligence, du principe de l'objectivation, de l'unicité de l'esprit, des relations entre la science et la religion, du mystère de la perception par nos sens des couleurs, de la chaleur et des sons.

R. Georlette.

REVUE DES PÉRIODIQUES BELGES

Direction générale des Eaux et Forêts, Paris. *La forêt française.* Bull. Soc. roy. forest. Belg., 65e année, n° 5, p. 313-376, mai 1958.

Cet article, sûrement documenté, paraît sous l'épigraphe du volume spécial que la Société royale forestière de Belgique consacre à l'économie forestière dans le monde. Il donne un aperçu de la forêt française actuelle : climat général, principaux types de forêt, statistiques forestières, principales espèces ligneuses économiques, rôle et interventions du Fonds forestier national, recherches, vulgarisation et formation professionnelle.

Stinglhamber, R. *Utilisation à des fins énergétiques et agricoles des hauts plateaux de la Kiliba et de l'Ubindi.* Bull. Centre belge Et. et Docum. Eaux, n° 40, p. 73-83, 2e trimestre 1958.

L'irrigation est un des facteurs essentiels du développement agricole du Congo belge. L'auteur examine comment accroître, dans le cas particulier des hauts plateaux de la Kiliba et de l'Ulindi (plaine de la Ruzizi), l'efficacité des travaux hydrologiques et topographiques par la coordination des usages agricoles et énergétiques de l'eau et par l'exploitation rationnelle des centrales hydro-électriques.

Sine, L. et Calembert, J. *Calcul des besoins en eau d'irrigation.* Bull. Centre belge Et. et Docum. Eaux, n° 40, p. 89-92, 2e trimestre 1958.

L'analyse des méthodes générales permettant de calculer les déficits en eau ou besoins maxima d'irrigation fait l'objet de cet article. Les auteurs interprètent pratiquement les résultats obtenus dans deux cas particuliers : une prairie sur limon des environs de Gembloux et une prairie établie sur schistes altérés en Famenne.

Simon, G. *La bonification foncière dans les plans régionaux d'aménagement du territoire.* Propriété Terrienne, 12e année, n° 127, p. 249-251, 1er juillet 1958.

Les nouvelles conceptions en matière de bonification foncière doivent tenir compte des faits suivants : tout territoire comprend à la fois des zones rurales et des zones urbaines ; l'équilibre agriculture-industrie est indispensable à la prospérité du pays. G. Simon résume les impératifs d'une politique réaliste de bonification foncière : inventaire, mise en valeur des terres, redistribution. Il souhaite la création d'un Fonds national de bonification foncière et il estime que les plans régionaux d'aménagement doivent être basés sur les données scientifiques de la pédologie et de la phytosociologie.

Devred, R. *La végétation forestière du Congo belge et du Ruanda-Urundi.* Bull. Soc. roy. forest. Belg., 65e année, n° 5, p. 409-468, juin 1958.

Après avoir exposé les facteurs du milieu qui influent sur la végétation forestière du Congo belge et du Ruanda-Urundi, R. Devred décrit les types suivants de forêts : forêts denses humides sempervirentes, forêts denses humides semi-décidues, forêts denses sèches, fourrés ou forêts sclérophylles littorales, forêts de montagne, forêts édaphiques, formations mixtes forestières et graminéennes, forêts denses secondaires.

STENUIT, D. *Le degré d'acidité et la situation en chaux des sols belges.* Revue de l'Agriculture, 11e année, n°4, p. 505-540, avril 1958.

L'auteur expose la situation des différentes régions agricoles belges d'une part et de l'ensemble de la superficie agricole du pays d'autre part quant au pH. Les statistiques font ressortir que 21,6 p. c. des sols sablonneux, 38, 7 p. c. des sols sablo-limoneux, 46,1 p. c. des sols limoneux et 32,3 p. c. des sols argileux ont besoin de chaux.

BAUDEWIJN, J. *La fabrication des compotes de pommes.* Revue de l'Agriculture, 11e année, n° 4, p. 567-574, avril 1958.

Valeur individuelle et valeur comparée, pour la fabrication de la meilleure compote, de 13 variétés de pommes choisies parmi les plus connues en Belgique.

CAMERLYNCK, R. et BRANKAER, R. *Quelques considérations sur la race porcine « Piétrain » en Belgique.* Revue de l'Agriculture, 11e année, n° 4, p. 575-602, avril 1958.

La valeur boucherie du porc Piétrain a été étudiée par les stations d'engraissement et les stations expérimentales, ainsi qu'à l'occasion des concours nationaux et provinciaux pour porcs abattus. Le type standard de ce porc typique à viande est déjà fixé, mais il pourrait être encore amélioré aux points de vue du nombre de gorets par portée, de la forme extérieure, de l'absorption de nourriture et de la vitesse de croissance.

LÉONARD, J. *Notulae systematicae XXIII. Notes sur diverses Euphorbiacées africaines des genres Croton, Crotonogyne, Dalechampia, Grossera et Thecacoris.* Bull. Jard. Bot. État, Bruxelles, vol. XXVIII, fasc. 2, p. 111-121, 1958.

Chargé de reviser la famille des Euphorbiacées pour le volume VIII de la *Flore du Congo belge et du Ruanda-Urundi*, l'auteur fut amené à signaler diverses nouveautés dans les genres repris dans le titre, à étendre la répartition géographique de quelques espèces et à compléter certaines descriptions.

HOMÈS, M. V. *Engrais équilibrés.* Bull. Agric. Congo belge, vol. XLIX, n° 3, p. 635-656, juin 1958.

Dans la présente publication, le professeur M. V. HOMÈS esquisse l'évolution des travaux physiologiques et agronomiques qui ont conduit à la notion « engrais équilibré ». Le milieu alimentaire où puise le végétal est caractérisé par la dose totale des aliments dont il dispose et par les proportions de tous ces éléments entre eux, ces proportions étant réduites à *un nombre de rapports indépendants égal au nombre total des éléments moins un.* Il existe une seule composition qui fasse d'un milieu alimentaire le *milieu optimum* assurant le meilleur développement pondéral ou quantitatif de la plante. La méthode la plus simple pour réaliser le milieu alimentaire optimum est celle des *variantes systématiques.* L'auteur donne des exemples de réalisation d'un engrais équilibré.

SIMON, G. *Pour une politique nationale de bonification des sols à vocation agricole. L'exemple du Languedoc.* Propriété Terrienne, 12e année, n° 128, p. 289-292, 1er août 1958.

Alors que la Belgique perd 9.000 hectares de terre agricole par année, la France déploie un vaste effort pour aménager le Bas-Rhône et le Languedoc, vastes régions jusqu'ici sous-développées tant au point de vue terrien qu'au point de vue industriel. Quelque 140.000 ha appartenant à 227 communes comprenant 579.000 habitants seront bonifiés par l'irrigation. G. SIMON expose les premiers résultats de cette action d'envergure.

TATON, A. *Valeur alimentaire de différents types d'herbages.* Bull. Inform. INÉAC, vol. VII, nº 2, p. 85-93, avril 1958.

L'INÉAC a entrepris, à la Station de Recherches agronomiques de Nioka, l'étude de la valeur bromatologique de différents types d'herbages. Les observations se poursuivent sur toute la durée d'un cycle végétatif. Deux types de pâturages exploités en rotation et particulièrement bien représentés dans la région ont été étudiés : la savane à *Hyparrhenia cymbaria* améliorée et la prairie artificielle à *Pennisetum clandestinum* (kikuyu) et *Trifolium repens* (trèfle blanc).

DEDEK, J. *La valeur technique de la betterave.* La Sucrerie Belge, 77e année, nº 10, p. 365-371, 15 juin 1958.

Le professeur DEDEK envisage les qualités de la betterave et de ses produits intermédiaires et finals jusqu'au sucre et à la mélasse qui interviennent dans l'exploitation d'une sucrerie et qui facilitent ou entravent la fabrication. Le technicien a besoin de tests pour mesurer le degré d'imperfection du travail, pour en trouver les causes et pour y porter remède. L'étude du problème de la valeur technique de la betterave oriente la recherche sucrière vers des buts d'une importance primordiale.

BAPTIST, A. G. en WATERSCHOOT, H. A. *Onderzoekingen aangaande de rendabiliteit van de landbouw. Boekjaar 1956-1957. I. Gemiddelde bedrijfsresultaten* (Recherches concernant la rentabilité de l'agriculture. Exercice 1956-1957. I. Résultats moyens d'exploitation). Med. Landbouwh. en Opzoekingsst. Gent, XXIII, nº 2, p. 137-318, 1958.

Dans la présente étude relative à la rentabilité de l'agriculture belge au cours de l'exercice 1956-1957, les auteurs exposent les résultats moyens d'exploitation tels qu'ils ressortent de l'analyse de la comptabilité de 305 exploitations sises dans onze régions agricoles différentes. Les points suivants sont envisagés : la composition moyenne des exploitations, le cheptel, le capital d'exploitation, le rendement brut, les frais de production, les résultats d'exploitation.

WATERSCHOOT, H. A. *Onderzoekingen aangaande de rendabiliteit van de landbouw. Boekjaar 1956-1957. II. Prijzen* (Recherches concernant la rentabilité de l'agriculture. Exercice 1956-1957. II. Les prix). Meded. Landbouwh. en Opzoekingsst. Gent, XXIII, nº 2, p. 319-385, 1958.

Prix à la ferme des principaux produits agricoles belges au cours de la période 1956-1957 : lait, beurre, œufs, porcs, froment, pois secs, pommes de terre, paille, lin en paille.

SIMON, G. *Pas de plan régional efficient sans la participation des habitants.* Propriété Terrienne, 12e année, nº 129, p. 329-331, 1er septembre 1958.

Les plans régionaux coordonnent les initiatives locales. Sans la participation des habitants et des responsables des milieux ruraux, les urbanistes et les techniciens de l'aménagement du territoire ne pourraient assurer à ces plans leur pleine efficience. L'élaboration du plan régional doit être précédée d'un *survey*, c'est-à-dire d'une enquête sur les faits naturels et économiques, et sur les besoins à satisfaire pour assurer la promotion de la population locale.

LOMMEZ, J. *Aperçu de l'agriculture belge en 1957*. Revue de l'Agriculture, 11e année, nº 5, p. 701-742, mai 1958.

Des données statistiques relatives à la production agricole et horticole et à l'élevage en 1957, il ressort nettement que, depuis 1950, la même quantité de produits agricoles vendus a permis l'achat de quantités toujours moindres de matières premières et d'éléments de production.

GILLARD, A. *Importance de la fleur d'eau et la lutte contre celle-ci*. Revue de l'Agriculture, 11e année, nº 5, p. 805-813, mai 1958.

La fleur d'eau couvre surtout la surface des étangs et des lacs eutrophes, riches en éléments nutritifs. Les algues qui la constituent appartiennent aux groupes les plus divers. Exceptionnellement, la fleur d'eau peut favoriser le développement des poissons, mais, le plus souvent, elle leur est défavorable. Selon les techniques décrites, des coagulants et des algicides permettraient de freiner le développement des organismes formant la fleur d'eau.

MOHRMANN, J. C. *Irrigation par aspersion. Aspects agricoles, techniques et économiques*. Bull. Agric. Congo Belge, vol. XLIX, nº 4, p. 877-921, août 1958.

Employée d'abord par les horticulteurs, l'irrigation par aspersion s'est étendue, depuis une vingtaine d'années, à la grande culture. L'auteur envisage, entre autres, les avantages et les désavantages de cette méthode comparativement aux systèmes classiques d'irrigation, le matériel d'aspersion et le dispositif d'arrosage, la station de pompage et le réseau de canalisations, l'étude économique des projets d'irrigation par aspersion.

DIVISION DES FORÊTS, BONN. *L'économie forestière en République fédérale allemande*. Bull. Soc. roy. forest. Belgique, 65e année, nº 7, p. 489-524, juillet 1958.

Dans cet article, traduit de l'allemand par P. GATHY, sont d'abord exposées les bases de l'économie forestière allemande : climat et sol, superficie et répartition des bois, essences, statistique des propriétés forestières. Des détails sont ensuite donnés sur l'organisation de l'administration forestière, sur la politique et la législation forestières, sur l'aménagement des bois, sur les techniques sylvicoles, sur l'exploitation forestière, sur la mécanisation. L'article se termine par un aperçu de la formation et de la recherche forestières, de la protection de la nature et de la chasse dans la République fédérale allemande.

KARSCHON, R. *Forêts et reboisements en Israël*. Bull. Soc. roy. forest. Belgique, 65e année, nº 7, p. 525-534, juillet 1958.

Après avoir discuté brièvement les éléments climatiques principaux déterminant l'alternance des trois régions phytogéographiques (méditerranéenne, steppique ou irano-touranienne, désertique ou saharo-sindienne), l'auteur entre dans les

détails des différents types de forêts que l'on rencontre dans l'état d'Israël. Les Eucalyptus, surtout *E. rostrata* et *E. gomphocephala*, jouent un rôle important dans les reboisements.

MARTIN, L. *Étude de méthodes d'échantillonnage de la betterave sucrière au cours de trois années successives. Prévision de la récolte.* La Sucrerie Belge, 78e année, nº 1, p. 1-22, 15 septembre 1958.

La densité de population à l'hectare de la betterave sucrière est l'un des éléments dont il faut disposer pour prévoir, dès la fin septembre, la production probable de sucre au cours d'une campagne. L'auteur procède à une étude critique de la méthode d'échantillonnage mise au point en 1939 par M. VANDERWAEREN, à la Raffinerie Tirlemontoise, à l'effet d'estimer ladite densité. Il expose les calculs biométriques qui cautionnent son appréciation.

METAXAS, N. et MAKRIS, K. *Les forêts et la sylviculture helléniques.* Bull. Soc. roy. forest. Belg., 65e année, nº 8-9, p. 545-566, août -septembre 1958.

Les forêts et la sylviculture de la Grèce sont décrites sommairement : zones de végétation forestière, répartition des essences, répartition de la propriété forestière, aménagement et exploitation des forêts, reboisements, routes forestières, etc. En dépit de circonstances adverses, de conditions climatiques défavorables, du manque de main-d'œuvre qualifiée, les sylviculteurs helléniques s'efforcent non seulement de sauver la forêt de la dégradation qui la menace, mais aussi de la développer, de l'améliorer et d'en accroître la production.

JANSEN, W. L. et STOFFELS, A. *Les forêts et l'économie forestière néerlandaises.* Bull. Soc. roy. forest. Belg., 65e année, nº 8-9, p. 567-576, août-septembre 1958.

Les Pays-Bas font partie des nations les moins boisées de l'Europe. Les forêts sont cantonnées dans l'est et le sud du territoire. Elles couvrent 250.000 ha, soit seulement 7,4 p. c., de la superficie totale du pays. En général, la sylviculture néerlandaie à un caractère intensif. Les auteurs en donnent un aperçu. Beaucoup d'arbres bordent les routes et délimitent les parcelles. A côté de l'intérêt économique, la forêt néerlandaise présente une grande importance culturelle.

MANIL, G. *L'humus forestier. Deuxième partie. Une première application : la classification des sols forestiers.* Bull. Soc. roy. forest. Belg., 65e année, nº 8-9, p. 577-602, août-septembre 1958.

L'auteur propose une classification pratique des sols forestiers de la Belgique. Il distingue les groupes des sols à *mull* calcaire, à *mull* doux, à *mull* acide, à *moder*, à *mor*. Il subdivise chacun de ces groupes en sous-groupes et en types.

LESPAGNOL, A. *La microbiologie et son récent et prodigieux essor.* Fermentatio, nº 4, p. 185-195, 1958.

Des exemples caractéristiques rappellent combien la microbiologie s'est développée au cours de ces dernières années, non seulement dans le domaine de la technique pure, mais aussi dans celui de la recherche fondamentale. L'auteur expose les progrès réalisés récemment dans les réactions de phosphorylation, dans l'obtention fermentaire du glycérol, dans les fermentations lactique et citrique, dans la fabrication à l'échelle industrielle de l'acide gluconique, dans la production des vitamines et des antibiotiques, dans la préparation de la cortisone. Il souligne encore

les conséquences considérables de la conception de l'antagonisme compétitif sur le plan biologique.

De Vuyst, A., Vanbelle, M., Arnould, R., Vervack, W. et Moreels, A. *La valeur biologique des protéines. 1re partie. Étude sur le vivant de la valeur alimentaire des protéines.* Agricultura, vol. VI, 2e série, nº 3, p. 455-510, septembre 1958.

Les protéines intervenant dans l'alimentation animale n'ont pas la même efficacité ; aussi s'impose-t-il d'étudier leur « valeur biologique ». Dans ce premier article, les auteurs donnent la description et discutent les avantages comparatifs des différentes méthodes utilisées, sur le vivant, pour la mesure de la valeur alimentaire des protéines.

De Koster, H. J. *La position particulière de l'agriculture et de ses produits de première transformation dans le cadre du Marché Commun.* Revue de la Soc. roy. belge des Ingénieurs et des Industriels, nº 7-8, p. 382-392, juillet-août 1958.

S'il est impossible de créer un Marché Commun sans l'agriculture, la diversité des politiques agricoles des pays partenaires constitue cependant un obstacle sérieux à la réalisation rapide du projet. L'auteur, éminente personnalité néerlandaise, analyse brièvement la structure de l'agriculture ainsi que la position des industries agricoles et alimentaires desdits pays, préconise le recours à des aides directes et décroissantes octroyées à l'agriculture et pose le problème de l'intégration d'une éventuelle zone de libre échange dans le Marché Commun. Il envisage l'influence que la politique agricole aura sur le coût de la vie dans les Six pays quand se sera finalement établi un seul niveau de prix européen.

Trzcinski, T. *Considérations sur les carences en potasse du pommier.* Le Fruit Belge, 26e année, nº 204, p. 121-127, août 1958.

Parmi les variétés de pommier cultivées dans les vergers belges, c'est la *Cox's Orange Pippin* qui souffre particulièrement du manque de potassium. L'auteur expose les différentes formes sous lesquelles la potasse se trouve dans le sol. Il résume le rôle de cet élément dans la nutrition des plantes. Il indique comment les carences potassiques apparaissent et il en décrit les symptômes. Il propose les moyens de combattre les déficiences potassiques.

Mahu, H. *La petite exploitation agricole et ses problèmes.* Bull. Institut Provincial de Coopération Agricole, Liège, nº 30, p. 15-25, juin 1958.

En Belgique, 82 p. c. de l'ensemble des exploitations agricoles ont une superficie comprise entre 1 à 10 hectares. L'auteur expose les avantages et les inconvénients des entreprises agricoles modestes. Leur disparition entraînerait de graves perturbations sociales et poserait le problème tragique de la réadaptation d'une masse importante de travailleurs agricoles réduits à l'inactivité. Si elle s'efforce de modifier ses spéculations animales et végétales et de leur donner une orientation plus intensive, la petite exploitation agricole vivra.

R. Georlette.

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES
de la 64e année (1958).

ÉDITIONS J. DUCULOT, S. A., GEMBLOUX. *(Imprimé en Belgique)*.